

## Sommario

|   |     |
|---|-----|
| 1 Meccanica – <i>Misura di grandezze</i> .....  | 3   |
| 2 Meccanica – Forza peso e sua misura .....   | 7   |
| 3 Meccanica – La legge di Hooke (metodo statico).....   | 10  |
| 4 Meccanica – La legge di Hooke (metodo dinamico).....  | 14  |
| 5 Meccanica – Studio del periodo di oscillazione di due molle .....   | 16  |
| 6 Meccanica – Forze concorrenti in un punto.....  | 20  |
| 7 Meccanica – Attrito radente- Piano inclinato.....   | 22  |
| 8 Meccanica – Momento delle forze .....   | 28  |
| 9 Meccanica – <i>Le leve</i> .....  | 31  |
| 10 Meccanica – Caduta dei gravi.....  | 35  |
| 11 Meccanica – Moto periodico-Leggi del pendolo .....   | 40  |
| 12 Meccanica – Bilancia inerziale .....   | 44  |
| 13 Meccanica – Misura di “g” con gocce d’acqua .....  | 47  |
| 14 Meccanica – Statica degli aeriformi .....  | 50  |
| 15 Meccanica – Pressione nei liquidi.....   | 54  |
| 16 Meccanica – Densità e peso specifico .....   | 59  |
| 17 Meccanica – Legge di Archimede .....   | 63  |
| 18 Meccanica – <i>Legge di Boyle</i> .....  | 66  |
| 19 Meccanica – Legge di Gay-Lussac.....   | 70  |
| 20 Meccanica – Moto rettilineo uniforme e moto uniformemente accelerato (rotaia a tracce di zolfo) .....            | 73  |
| 21 Meccanica – Moto circolare uniforme .....  | 77  |
| 22 Meccanica – Moto uniformemente accelerato.....   | 80  |
| 23 meccanica – Studio dei moti simultanei.....  | 83  |
| 24 Meccanica – Moto parabolico-Pressione idrostatica .....  | 86  |
| 25 Meccanica – Conservazione dell’energia meccanica in un sistema oscillante.....                                   | 88  |
| 26 Meccanica – Conservazione della quantità di moto nell’urto elastico(biglie) .....                                | 91  |
| 27 Meccanica – Conservazione della quantità di moto nell’urto elastico ed anelastico (rotaia a cuscino d’aria)..... | 94  |
| 28 Meccanica – Conservazione della quantità di moto nell’urto elastico ed anelastico (rotaia a cuscino d’aria)..... | 99  |
| 29 Meccanica – Onde nella molla.....  | 103 |
| 30 Meccanica – onde nell’acqua .....  | 106 |
| 31 Termodinamica – Taratura di un termoscopio.....  | 114 |
| 32 Termodinamica – <i>Esperienza di Loke</i> .....  | 117 |
| 33 Termodinamica – Propagazione del calore .....  | 120 |
| 34 Termodinamica – <i>Energia termica</i> .....   | 125 |

|   |     |
|---|-----|
| 35 Termodinamica – Dilatazione termica lineare (collettiva) .....               | 127 |
| 36 Termodinamica – Dilatazione termica lineare (per gruppi) .....               | 130 |
| 37 Termodinamica – Equivalente in acqua del calorimetro .....                   | 133 |
| 38 Termodinamica – <i>Calore specifico</i> .....                                | 136 |
| 39 Termodinamica – Calore latente di fusione .....                              | 138 |
| 40 Termodinamica – Equivalente meccanico del calore .....                       | 141 |
| 41 Termodinamica – Cambiamenti di stato .....                                   | 145 |
| 42 Termodinamica – <i>Densità di un gas</i> .....                               | 149 |
| 43 Termodinamica – <i>Densità dell'olio</i> .....                               | 152 |
| 44 Termodinamica – Il numero di Avogadro .....                                  | 155 |
| 45 Ottica geometrica – Riflessione della luce (metodo degli spilli).....        | 159 |
| 46 Ottica geometrica – Rifrazione della luce (metodo degli spilli).....         | 162 |
| 47 Ottica geometrica – Rifrazione della luce (metodo con proiettore) .....      | 165 |
| 48 Ottica geometrica – Caratteristiche delle lenti .....                        | 168 |
| 49 Ottica geometrica – Relazioni dimensionali fra oggetto e immagine .....      | 172 |
| 50 Ottica geometrica-Misura della lunghezza d'onda con il laser .....           | 175 |
| 51 Ottica geometrica-Determinazione della velocità della luce .....             | 177 |
| 52 Ottica geometrica- <i>Spettri di emissione</i> .....                         | 181 |
| 53 Acustica– Il suono-Esperienze di acustica .....                              | 183 |
| 54 Elettrostatica- Elettizzazione superficiale dei corpi .....                  | 187 |
| 55 Elettrostatica- <i>Il condensatore</i> .....                                 | 192 |
| 56 Elettrostatica- <i>Le leggi di OHM</i> .....                                 | 195 |
| 57 Elettrostatica- Resistenze in serie e parallelo.....                         | 200 |
| Resistori in serie .....  | 200 |
| Resistori in parallelo .....  | 201 |
| 58 Elettrostatica- Effetto termico della corrente elettrica.....                | 203 |
| 59 Elettrostatica- Conducibilità elettrica nelle soluzioni elettrolitiche ..... | 206 |
| 60 Elettrostatica-Effetti magnetici delle correnti elettriche .....             | 210 |
| 61 Elettrostatica- <i>Correnti indotte</i> .....                                | 215 |
| 62 Elettrostatica- Produzione dell'energia elettrica-Dinamo.....                | 217 |
| 63 Elettrostatica- Alternatore-Corrente alternata .....                         | 220 |
| 64 Elettrostatica- <i>Trasformatore</i> .....                                   | 223 |
| 65 Elettrostatica- Effetto termoelettrico-Diodo.....                            | 226 |

# LABORATORIO DI FISICA

## Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

### 1 Meccanica – Misura di grandezze

**SCOPO: determinare la misura di alcuni oggetti di uso comune , attraverso il confronto con strumenti di diversa sensibilità e portata**

INTRODUZIONE: misurare una grandezza vuol dire metterla a confronto con un campione unitario, scelto come unità di misura. Il metro (m) è all'incirca pari alla quarantamilionesima parte del meridiano terrestre. Esso è rappresentato dalla lunghezza del *regolo* conservato, alla temperatura costante di zero gradi Celsius, presso il Museo dei Pesi e delle Misure di Sèvres a Parigi. Il regolo è formato da una lega inalterabile composta da 90 parti di platino e 10 parti di iridio. Il **metro** (simbolo: **m**) è l'unità base (Sistema Internazionale di unità di misura) della lunghezza. Nel 1983, a Parigi, durante la 17ª *Conférence générale des poids et mesures* (Conferenza Generale di Pesi e Misure), venne ridefinito così:

**Un metro è definito come la distanza percorsa dalla luce nel vuoto in un intervallo di tempo pari a 1/299 792 458 di secondo**

Assumendo che la velocità della luce nel vuoto è per definizione 299 792 458 m/s.

Il **calibro** è lo strumento più frequentemente usato nella misura di lunghezze e in particolare di spessori, quando è richiesta una precisione entro 1/50 di mm. Lo strumento è costituito da una parte fissa e da un cursore che scorre a frizione su di essa. Mediante le ganasce si misurano i pezzi massicci; mediante le punte si misurano le parti cave; mediante l'asticella scorrevole si misurano i gradini e le profondità. Sulla parte fissa sono serigrafate due scale: quella in alto in pollici e quella in basso in centimetri e millimetri. Sul cursore sono incisi in alto ed in basso i noni relativi alle rispettive scale.

Regolo di platino-iridio usato come campione metrico



## APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE     | SENSIBILITA'  | PORTATA   |
|-----------|-------------------|---------------|-----------|
| 1         | Parall. Metallico |               |           |
| 1         | Matita            |               |           |
| 1         | Gomma             |               |           |
| 1         | Fettuccia metrica | $\pm 0,1$ cm  | 200 ,0 cm |
| 1         | Calibro           | $\pm 0,02$ mm | 160,00 mm |
| 1         | Cilindro graduato | $\pm 0,1$ ml  | 100,0 ml  |

## SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA: si usi un oggetto come ad es. una matita, una gomma o qualsiasi altro solido come campione unitario. Si stabilisca quanti campioni si devono sommare per ottenere la grandezza sottoposta a misura per esempio i lati del banco di lavoro (misura diretta). Si utilizzi successivamente la fettuccia metrica per dimensionare lo stesso banco e se ne traggano le relative conclusioni. Si valutino poi i lati del parallelepipedo metallico sia con la fettuccia metrica che con il calibro, se ne calcoli la superficie ed il volume (misura indiretta). Si immerga a questo punto il blocchetto di metallo nel cilindro graduato e si consideri l'aumento di volume rilevato, confrontandolo con quello acquisito elaborando i dati precedentemente ottenuti.

## DATI E TABELLE:

1-dati relativi a misurazioni dirette ed indirette

| OGGETTO    | STRUMENTO     | LUNG     | LARG     | ALTEZZA | SUPERF               | VOLUME                |
|------------|---------------|----------|----------|---------|----------------------|-----------------------|
| Banco      | Matita        | 14       | 4        |         | 56 mat <sup>2</sup>  |                       |
| Banco      | Fettuccia met | 3,03 m   | 0,90 m   |         | 2,727m <sup>2</sup>  |                       |
| Blocchetto | Fettuccia met | 5,0 cm   | 2,1 cm   | 1,1 cm  | 10,5 cm <sup>2</sup> | 11,55cm <sup>3</sup>  |
| Blocchetto | Calibro       | 4,98 0cm | 2,120 cm | 1,090cm | 10,557cm             | 11,507cm <sup>3</sup> |
| Blocchetto | Cilindro grad |          |          |         |                      | 12 ml                 |

## ANALISI DATI-GRAFICI:

### Alcune lunghezze

| Lunghezza  | Equivalente in metri       |
|--|----------------------------|
| Distanza media della Terra dalla più vicina delle grandi galassie (Andromeda M31)      | $2 \times 10^{22}$         |
| Diametro della nostra Galassia   | $8 \times 10^{20}$         |
| Distanza media tra la Terra e la stella più vicina (Proxima Centauri, escluso il Sole) | $4 \times 10^{16}$         |
| Distanza media tra la Terra e il Sole (= 1UA)  | $\cong 1,5 \times 10^{11}$ |
| Raggio medio della Terra   | $6,37 \times 10^6$         |
| Diametro di un globulo rosso   | $8 \times 10^{-6}$         |
| Diametro di un atomo di ossigeno   | $1 \times 10^{-10}$        |
| Diametro di un protone   | $2 \times 10^{-15}$        |
| Diametro di un elettrone   | $1 \times 10^{-22}$        |

**CONCLUSIONI:** gli strumenti utilizzati per il rilevamento delle grandezze da misurare, hanno indicato valori tra loro non corrispondenti. Questo è dipeso dalla diversa accuratezza della misura, resa possibile dalla sensibilità dello strumento scelto per determinare le dimensioni da rilevare.

**BIBLIOGRAFIA:** Collezione OGF 4 Esperimenti di Fisica-Wikipedia, lunghezze

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 2 Meccanica – Forza peso e sua misura

**SCOPO:** verificare il valore della forza peso di alcuni oggetti attraverso il rilevamento diretto effettuato con il dinamometro

**INTRODUZIONE:** la forza peso è una forza gravitazionale e si può definire come la forza con la quale un corpo (grave) viene attratto verso il centro della Terra. Per misurare l'intensità di una forza si può sfruttare la proprietà che hanno alcuni corpi di deformarsi momentaneamente quando sono soggetti a tale entità. Così ad esempio un filo elastico o una molla a cui si applica una forza, si deforma allungandosi. Lo strumento che viene utilizzato per la determinazione dell'intensità della forza, è il dinamometro. Esso è costituito da una molla a spirale, ad una estremità della quale è fissato un occhiello e dall'altra un gancio. La molla è contenuta in un tubo al quale è applicata una scala; il tubo è contenuto a sua volta in un secondo involucro scorrevole che permette la correzione dello zero della scala. Quando la molla si allunga per effetto di una forza, la scala esce dal secondo involucro permettendo così la lettura del valore rilevato.

**APPARATO SPERIMENTALE:**

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|---------------|--------------|---------|
| 1         | Stativo       |              |         |
| 1         | Dinamometro   | 0,1 N        | 5N      |
| 1         | Serie di pesi |              | 50 gr   |
|           |               |              |         |

## SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA: appendere il dinamometro allo stativo e regolare la posizione dello zero. Appendere un peso al gancio del dinamometro: la molla si allunga e la scala graduata fuoriesce dall'involucro esterno permettendo la lettura del valore della forza applicata. Verificare l'uguaglianza tra il valore rilevato dalla lettura ed il valore del peso attaccato. Aumentare il numero dei pesetti avendo cura di non oltrepassare la portata massima dello strumento per evitare che le deformazioni della molla divengano permanenti e rilevare i valori col dinamometro. Prendere poi un oggetto di valore incognito e misurarne l'entità con lo strumento.

## DATI E TABELLE:

1-dati relativi alle forze e valori rilevati

| OGGETTO | VALORE INDICATO | VALORE RILEVATO COL DINAMOMETRO |
|---------|-----------------|---------------------------------|
| Pesi    | 50 gr           | 0,5 N                           |
|         | 100 gr          | 1 N                             |
|         | 150 gr          | 1,5 N                           |
|         | 200 gr          | 2 N                             |
| Forbici |                 | 0,3 N                           |

## ANALISI DATI-GRAFICI:



**CONCLUSIONI:** i valori relativi alle forze peso indicate negli oggetti di studio (pesi), sono risultati corrispondenti alle indicazioni poste su di essi. Il valore incognito della forza peso dell'oggetto forbici, è risultato essere 0,3 N.

**BIBLIOGRAFIA:** Collezione OGF 4 Esperimenti di Fisica

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 3 Meccanica – La legge di Hooke (metodo statico)

**SCOPO:** determinare la costante di elasticità di una molla.

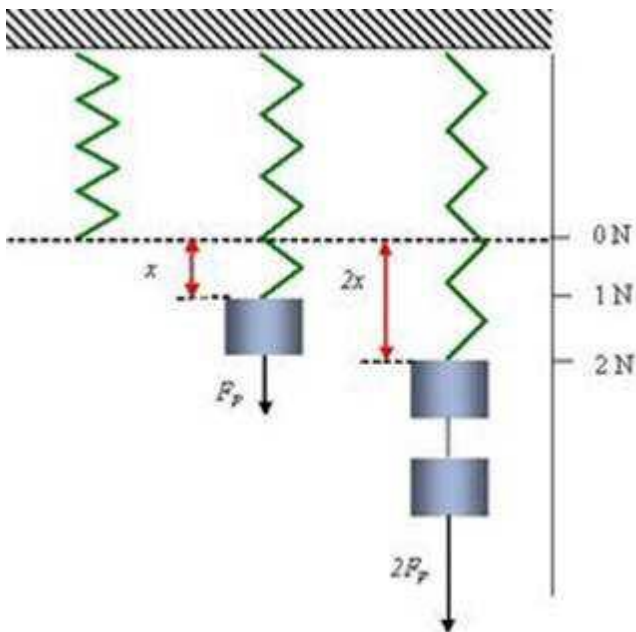
INTRODUZIONE: i materiali elastici sono quelli che al cessare della causa deformante ritornano alla stessa dimensione iniziale cioè alle medesime caratteristiche che possedevano prima della causa deformante. Per semplicità di studio, si considera una molla alla quale si appende un carico progressivamente crescente secondo multipli predeterminati di forze. La legge di Hooke sostanzialmente dice che : la deformazione elastica di un materiale è direttamente proporzionale all'intensità della forza applicata.



APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE     | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|-------------------|--------------|---------|
| 1         | Stativo           |              |         |
| 1         | Asta orizzontale  |              |         |
| 1         | Morsetto multiplo |              |         |
| 1         | Molla             |              |         |
| 4         | Pesi              |              | 0,5 N   |
| 1         | Riga graduata     | 0,1 cm       | 50,0 cm |

SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA: si blocca il morsetto multiplo alla sommità dell'asta dello stativo e si applica l'asta orizzontale; successivamente a questa, si sospende la molla elastica di tipo elicoidale e si fa in modo che la sua estremità superiore in condizioni di riposo (la sua prima spira), coincida con lo zero della riga graduata. Rileviamo il valore della lunghezza della molla corrispondente alla sua ultima spira ( $L_0$ ) e trascriviamo il dato. Avremo così tarato la nostra apparecchiatura. Appendiamo, poi, un peso, due, tre, quattro all'estremità libera della molla e ne valutiamo il suo allungamento per ogni peso applicato. Si tabulano i dati rilevati e si riportano in un sistema di assi cartesiane

DATI E TABELLE:

1-valori delle forze e relativi allungamenti

| OGGETTO | VALORE INDICATO | $L_0$ (cm) | $\Delta L$ (cm) |
|---------|-----------------|------------|-----------------|
| Pesi    | 0               | 10,8       |                 |
| $F_1$   | 0,5 N           | 18,0       | 7,2             |
| $F_2$   | 1,0 N           | 25,2       | 14,4            |
| $F_3$   | 1,5 N           | 32,5       | 21,7            |
| $F_4$   | 2,0 N           | 39,7       | 28,9            |

ANALISI DATI-GRAFICI:

$F$ = forza applicata;

$K$ = costante di proporzionalità della molla; il suo valore dipende dal tipo

di materiale con cui è stata realizzata la molla e dal numero di spire che compongono la molla.

$\Delta L$  = variazione di lunghezza subita dalla molla in seguito all'applicazione della forza F.

$$F = K \Delta L$$

$$K_1 = \frac{F_1}{\Delta L_1} = \frac{0,5}{0,072} = 6,94 \text{ N/m}$$

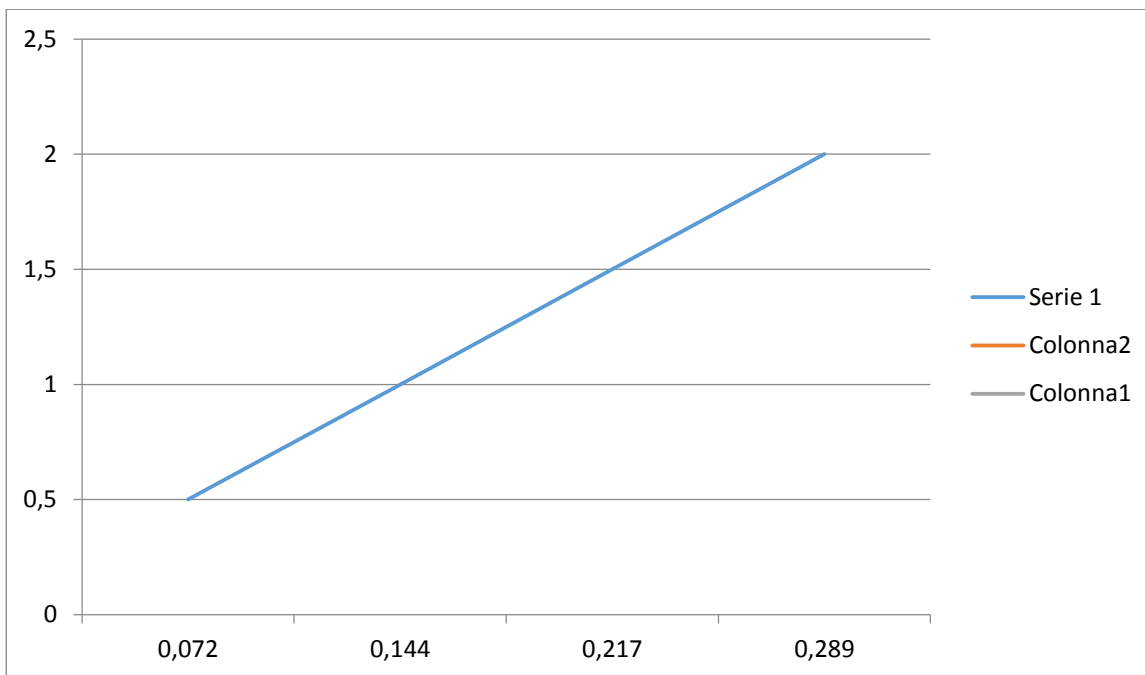
$$K_2 = \frac{F_2}{\Delta L_2} = \frac{1}{0,144} = 6,94 \text{ N/m}$$

$$K_3 = \frac{F_3}{\Delta L_3} = \frac{1,5}{0,217} = 6,91 \text{ N/m}$$

$$K_4 = \frac{F_4}{\Delta L_4} = \frac{2}{0,289} = 6,92 \text{ N/m}$$

$$K^{SM} = \frac{6,94 + 6,94 + 6,91 + 6,92}{4} = 6,93 \text{ N/m}$$

Il grafico rappresentato riporta in ascisse gli allungamenti della molla ed in ordinate le forze che li hanno determinati.



**CONCLUSIONI:** abbiamo evidenziato che esiste una proporzionalità diretta tra la forza applicata e l'allungamento di una molla sottoposta a carichi multipli. L'inclinazione della retta ottenuta nel grafico ci fornisce inoltre il valore della costante di elasticità della molla considerata che risulta essere 6,93 N/m

BIBLIOGRAFIA: Collezione OGF 4 Esperimenti di Fisica-Dettori.info

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 4 Meccanica – La legge di Hooke (metodo dinamico)

**SCOPO: determinare la costante di elasticità di una molla.**

**INTRODUZIONE:** dopo avere posto in oscillazione una molla alla quale è stata preventivamente applicata una massa certa, se ne misura il periodo, si rilevano i dati sperimentali e si calcola il valore della costante di elasticità mettendola in relazione con quella ottenuta col metodo statico verificandone eventuali difformità di valori.

**APPARATO SPERIMENTALE:**

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE     | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|-------------------|--------------|---------|
| 1         | Stativo           |              |         |
| 1         | Asta orizzontale  |              |         |
| 1         | Morsetto multiplo |              |         |
| 1         | Molla             |              |         |
| 4         | Massa             |              | 200 gr  |
| 1         | Cronometro        | 0,1 s        |         |

**SCHEMA DELL'APPARATO USATO:**



**ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA:** si blocca il morsetto multiplo alla sommità dell'asta dello stativo e si applica l'asta orizzontale; successivamente a questa, si sospende la molla elastica di tipo elicoidale, si comprime di alcuni cm e successivamente la si rilascia mettendo in movimento il sistema. Facciamo partire il cronometro e rileviamo il valore di 10 oscillazioni complete. Effettuiamo diverse prove al fine di

ottenere un numero congruo di dati. Per quanto riguarda questo metodo, la legge che ci guida è quella che mette in relazione il periodo  $T$  di oscillazione della molla con la massa "m" ad essa applicata e con la costante elastica:  $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$

#### DATI E TABELLE:

1-dati relativi alle oscillazioni della molla

| OGGETTO | tempo 10 oscillazioni (s) | T(s) | $T\Sigma=1,062s$ |
|---------|---------------------------|------|------------------|
| molla   | t <sub>1</sub> 10,6       | 1,06 |                  |
|         | t <sub>2</sub> 10,7       | 1,07 |                  |
|         | t <sub>3</sub> 10,6       | 1,06 |                  |
|         | t <sub>3</sub> 10,8       | 1,08 |                  |
|         | t <sub>5</sub> 10,3       | 1,03 |                  |

#### ANALISI DATI-GRAFICI:

Estrapolando K dalla precedente relazione, abbiamo:

$$K = 4\pi^2 \frac{m}{T^2}$$

$$T\Sigma = \frac{t_1+t_2+t_3+t_4+t_5}{5} = \frac{1,06+1,07+1,06+1,08+1,03}{5} = 1,062s$$

$$K = 4(3,14)^2 \frac{0,2}{1,062^2} = 6,99 \text{ N/m (dinamico)}$$

K=6,93 N/m (statico-Vedi precedente scheda operativa n° 3)

CONCLUSIONI: abbiamo notato che la costante di elasticità relativa alla molla presa in esame e determinata col metodo dinamico, è molto prossima al valore ottenuto utilizzando la stessa molla ed elaborando i dati col metodo statico. La differenza dei risultati è trascurabile se si considerano gli errori dovuti alla lettura degli strumenti e ed alla loro sensibilità. Possiamo quindi affermare che i due metodi presi in esame, conducono allo stesso risultato sperimentale che sottolinea la validità della legge.

BIBLIOGRAFIA: Dettori : La legge di Hooke, formula e definizione

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 5 Meccanica – Studio del periodo di oscillazione di due molle

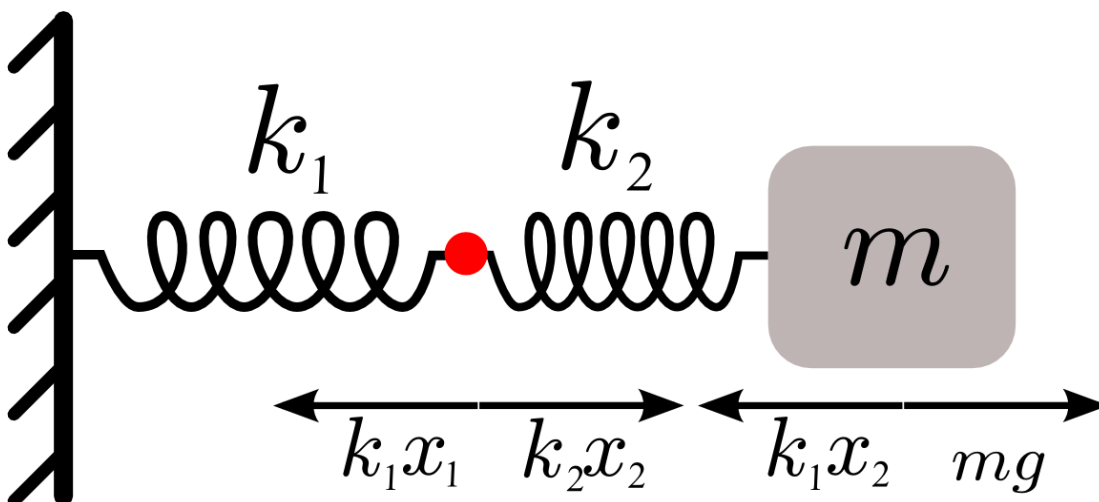
**SCOPO:** determinare quale sia la dipendenza del periodo di oscillazione di un sistema costituito da due molle, dalle rispettive costanti elastiche.

**INTRODUZIONE:** l'obiettivo di questo esperimento è lo studio del periodo di oscillazione di un sistema composto da molle e verificare se vi siano relazioni tra i valori rilevati per ogni singola molla e le relative costanti di elasticità. Per questo motivo occorre determinare preventivamente le due costanti elastiche ed i periodi di oscillazione. Per completezza può essere utile controllare il valore della costante dedotto staticamente con quello ricavato dinamicamente. Nello schema è rappresentato un sistema composto da un corpo attaccato a due molle di costanti elastiche diverse ( $k_1$  e  $k_2$ ) montate in serie (una di seguito all'altra). Il problema è dunque il seguente: sapendo che il periodo di oscillazione è dato da  $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$  qual è quello del sistema?

APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE     | SENSIBILITA' | PORTATA  |
|-----------|-------------------|--------------|----------|
| 1         | Stativo           |              |          |
| 1         | Asta orizzontale  |              |          |
| 1         | Morsetto multiplo |              |          |
| 2         | Molla             |              |          |
| 4         | Pesi              |              | 50 N cad |
| 1         | Cronometro        | 0,1 s        |          |

SCHEMA DELL'APPARATO USATO:





ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA: si blocca il morsetto multiplo alla sommità dell'asta dello stativo e si applica l'asta orizzontale; successivamente a questa, si sospende la molla 1 e si applicano pesi noti misurando gli allungamenti prodotti. Si riportano in tabella 1 i risultati ottenuti ed indichiamo nella prima colonna i valori degli allungamenti, nella seconda l'errore assoluto associato alla misura, nella terza l'errore relativo nella quarta i valori delle forze applicate e così via.

DATI E TABELLE:

Tabella 1- Dati relativi alla determinazione della costante elastica della molla

| x (cm) | $\Delta x$ (cm) | $\Delta x/x$ | F (N) | $\Delta F$ (N) | $\Delta F/F$ |
|--------|-----------------|--------------|-------|----------------|--------------|
|        |                 |              |       |                |              |
|        |                 |              |       |                |              |
|        |                 |              |       |                |              |
|        |                 |              |       |                |              |

Riportiamo i dati così tabulati in un grafico F-x e determiniamo il valore della costante  $k_1$  eseguendo 2 interpolazioni, vale a dire una retta di pendenza massima ( $k_1max$ ) ed una retta di pendenza minima ( $k_1min$ ). Il valore che si può prendere per la costante sarà dunque  $k_1 = \frac{k_1max + k_1min}{2}$ , mentre l'errore assoluto sarà

$$\Delta k_1 = \frac{k_1max - k_1min}{2}.$$

Successivamente mettiamo in moto il nostro sistema accorciando la molla di qualche cm ed utilizzando un peso a piacere rilevando con il cronometro, il tempo necessario per  $n$  oscillazioni e dividendo poi per  $n$  al fine di ottenere il periodo di una oscillazione. Usare lo stesso procedimento cambiando operatore finché tutti gli elementi del gruppo di lavoro non avranno effettuato gli stessi rilevamenti. Riportare i dati ottenuti nella tabella 2, seguendo i seguenti criteri consigliati

Tabella 2: Dati relativi alla determinazione del periodo di oscillazione del sistema molla-peso

| Operatore | n° | t (sec) | $\Delta t$ (s) | $\Delta t/t$ | $T=t/n$ (s) | $\Delta T(s)$ | $\Delta T/T$ |
|-----------|----|---------|----------------|--------------|-------------|---------------|--------------|
| 1         |    |         |                |              |             |               |              |
| 2         |    |         |                |              |             |               |              |
| 3         |    |         |                |              |             |               |              |

Utilizzando i procedimenti seguiti per la molla presa in esame, analizzare poi la seconda molla, determinarne la costante di elasticità ed il suo periodo di oscillazione utilizzando gli stessi pesi e gli stessi criteri usati in precedenza.

Montare poi le due molle in serie e determinare il periodo di oscillazione del sistema approntato. Inserire i dati rilevati nella tab. 3

Tabella 3: Dati finali relativi ai periodi

| $T_1$ (s) | $\Delta T_1$ (s) | $\Delta T_1/T_1$ | $T_2$ (s) | $\Delta T_2$ (s) | $\Delta T_2/T_2$ (s) | $T_{\text{sis}}$ (s) | $\Delta T_{\text{sis}}$ (s) | $\Delta T_{\text{sis}}/T_{\text{sis}}$ (s) |
|-----------|------------------|------------------|-----------|------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|--|
|           |                  |                  |           |                  |                      |                      |                             |  |

Per mettere in relazione la costante elastica del sistema con le costanti elastiche di ciascuna molla, occorre fare un'analisi più approfondita. Completare la prossima tabella 4 che raccoglie le informazioni sulle costanti elastiche delle molle e sugli allungamenti prodotti dalle forze uguali applicate

Tabella 4: Confronto fra gli allungamenti prodotti a parità di forze applicate

| $F_{\text{app}} \pm \Delta F_{\text{app}}$ (N) | $x_{k_1} \pm \Delta x_{k_1}$ (cm) | $x_{k_2} \pm \Delta x_{k_2}$ (cm) | $x_{\text{sis}} \pm \Delta x_{\text{sis}}$ (cm) |
|--|-----------------------------------|-----------------------------------|---|
|  |                                   |                                   |   |
|  |                                   |                                   |   |
|  |                                   |                                   |   |

#### ANALISI DATI-GRAFICI:

Per ogni riga, l'ultima colonna contiene la somma delle due colonne precedenti? In questo caso possiamo formulare la seguente ipotesi:

una forza applicata alla molla di costante elastica  $k_1$ , produce un allungamento  $x_1$ , in altre parole  $F = -k_1 x_1$ . La stessa forza applicata alla molla di costante elastica  $k_2$ , produce un allungamento  $x_2$ , in pratica  $F = -k_2 x_2$ , mentre applicata al sistema composto dalle due molle, produce un allungamento pari alla somma degli allungamenti, quindi si ha che  $x_1 + x_2 = -\left(\frac{F}{k_1} + \frac{F}{k_2}\right)$ .

Il primo membro di questa relazione è proprio il rapporto fra la forza applicata e la costante elastica del sistema. Possiamo scrivere perciò :  $-\frac{F}{k} = -\left(\frac{F}{k_1} + \frac{F}{k_2}\right)$ .

Vale a dire: l'inverso della costante elastica di due molle di costante elastica diversa montate in serie, è uguale alla somma degli inversi delle costanti elastiche, espressione che si può scrivere nel modo seguente:  $k = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}$ .

Questo ragionamento ci porta quindi a formulare l'ipotesi che il periodo di oscillazione del sistema composto da due molle montate in serie sia dato da

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}} m.$$

Verificare questa ipotesi e valutarla anche nel caso di un sistema composto da due molle uguali montate in serie

BIBLIOGRAFIA: Wikipedia-costanti di elasticità

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 6 Meccanica – Forze concorrenti in un punto

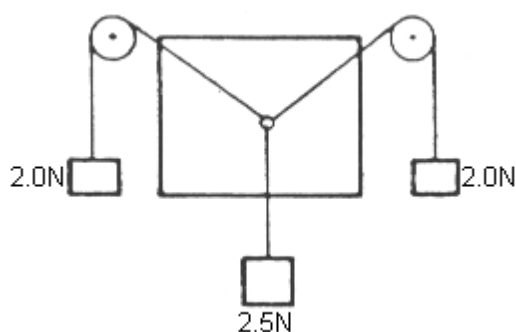
**SCOPO:** verificare la validità della regola del parallelogramma per un sistema di forze concorrenti in un punto

**INTRODUZIONE:** a due o più forze applicate in uno stesso punto di un corpo rigido, si può sempre sostituire senza alterare le condizioni di equilibrio del sistema, una sola forza detta risultante, che ha per segmento rappresentativo la diagonale del parallelogramma costruito sui segmenti rappresentativi delle forze date.

**APPARATO SPERIMENTALE:**

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE        | SENSIBILITA' | PORTATA  |
|-----------|----------------------|--------------|----------|
| 2         | Stativo con asta     |              |          |
| 2         | Pulegge              |              |          |
| 2         | Morsetto multiplo    |              |          |
| 1         | Filo con ganci corto |              |          |
| 1         | Filo con ganci lungo |              |          |
| 10        | Pesi                 |              | 50 N cad |
| 1         | Lavagna              |              |          |
| 3         | Dinamometri          | 0,1 N        | 5 N      |
| 3         | Ventose              |              |          |

**SCHEMA DELL'APPARATO USATO:**



**ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA:** fissare le pulegge alle aste verticali degli stativi tramite i morsetti multipli e porre su di esse il filo lungo. Appendere ai ganci dello stesso alcuni pesi per parte (2 o 3) e dopo avere agganciato al filo corto 4 pesetti, lo si appende al filo lungo in posizione intermedia tra le pulegge: il sistema troverà una sua posizione di equilibrio. I pesi posti sul filo più corto forniscono il valore

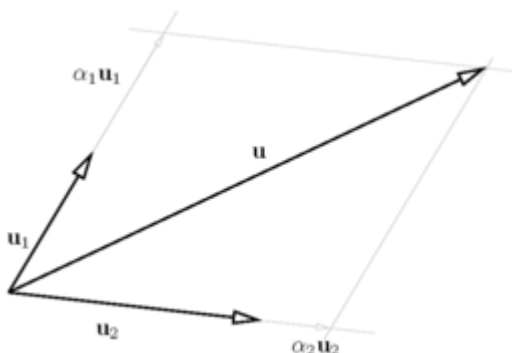
dell'intensità della forza (risultante) che fa da equilibrio alle due forze laterali. Se sistemiamo una lavagna dietro l'apparecchiatura, abbiamo modo di verificare graficamente il valore della risultante che è data dalla diagonale del parallelogramma con i lati dello stesso, proporzionali al numero dei pesetti applicati.

Appendere successivamente altri pesetti ai ganci laterali del filo lungo e di quello corto e trovare nuove condizioni di equilibrio.

Possiamo anche utilizzare 3 dinamometri attaccati fra loro attraverso il gancio della scala graduata, posizionandoli sopra piano di lavoro sul quale abbiamo preventivamente fissato un foglio di carta. Dopo averli resi statici con le ventose, troviamo alcune condizioni di posizione e di forze agenti sul sistema avendo cura di trascrivere sul foglio di carta le rette di azione di ciascuna forza e le rispettive intensità.

DATI E TABELLE:

| $F_1$ (N) | $F_2$ (N) | Fris. (N) |
|-----------|-----------|-----------|
|           |           |           |
|           |           |           |



ANALISI DATI-GRAFICI

CONCLUSIONI: abbiamo osservato attraverso varie prove effettuate con posizioni di equilibrio diverse che i valori della forza risultante, sia quelli ottenuti attraverso una costruzione grafica riportando sui segmenti rappresentativi delle forze le reali intensità rilevate e le rispettive direzioni, che quelli ottenuti posizionando opportunamente le forze agenti sul sistema, erano adeguati e corrispondenti alle aspettative teoriche.

BIBLIOGRAFIA: OGF 4 Esperimenti di Fisica-Wikipedia-Fisica

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 7 Meccanica – Attrito radente- Piano inclinato

**SCOPO:** determinare il coefficiente di attrito radente e verificare la condizione di attrito su piano inclinato

INTRODUZIONE: l'attrito radente si manifesta quando un corpo striscia su un altro. Esso in parte è dovuto al fatto che le superfici a contatto presentano delle asperità che agiscono tra loro ed ostacolano il moto relativo della superfici stesse.

Contribuisce al fenomeno anche l'adesione dei corpi, specialmente se le superfici sono levigate perché se da una parte la levigatezza diminuisce l'attrito dovuto dalle asperità, dall'altra lo fa aumentare per l'adesione che si crea. L'attrito dipende dunque dal grado di levigatezza delle superfici di contatto e si presenta come un sistema di forze applicate alla superficie strisciante, di senso opposto al moto. La natura dei corpi ha notevole influenza sul coefficiente d'attrito: si passa da un massimo rappresentato da due corpi di rame che strisciano l'uno sull'altro, a valori più bassi per le altre coppie di metalli o leghe. Le esperienze di Coulomb e di Morin hanno dimostrato che l'attrito radente dipende da diverse fattori e precisamente:

- 1- È proporzionale alla pressione normale, esercitata dal corpo, cioè cresce col carico a parità di area
- 2- È indipendente dall'estensione della superficie d'appoggio, purchè questa non si riduca ad una punta o ad una lama
- 3- È maggiore al passaggio dallo stato di quiete allo stato di moto, ma è indipendente dalla velocità di strisciamento, a condizione che questa non superi un certo valore (circa 20m/s)
- 4- Dipende dalla natura e dallo stato delle superfici di contatto.

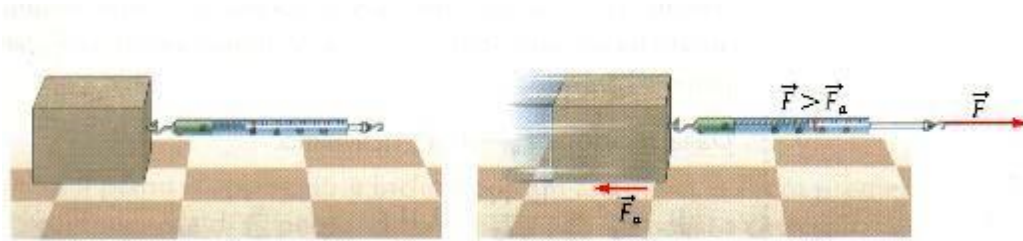
Il coefficiente di attrito  $K$  è definito dal rapporto tra il valore della forza  $F$  che applicata al corpo in esame gli imprime una velocità costante (moto uniforme) ed il peso  $P$  del corpo secondo la relazione  $K = \frac{F}{P}$

APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE            | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|--------------------------|--------------|---------|
| 1         | Tavoletta di legno       |              |         |
| 1         | Parallelepipedo di legno |              |         |
| 1         | Stativo                  |              |         |

|   |                        |         |           |
|---|------------------------|---------|-----------|
| 1 | Morsetto multiplo      |         |           |
| 1 | Asta lunga per stativo |         |           |
| 1 | Asta corta per stativo |         |           |
| 1 | Dinamometro            | 0,1 N   | 5,0 N     |
| 2 | Masse                  |         | 50 gr     |
| 1 | Bilancia               | 0,02 gr | 200,00 gr |
| 1 | Fettuccia metrica      | 0,1 cm  | 50,0 cm   |

#### SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA: si posiziona il parallelepipedo sulla bilancia e se ne valuta la massa. Lo si colloca poi sulla tavoletta di legno e si applica allo stesso il dinamometro con l'accorgimento di tenerlo orizzontale; si valuta la forza minima necessaria per farlo muovere. La lettura di questo valore ci fornirà il modulo della forza di attrito ( $F_a$  statica). Dopo averlo messo in moto, si verifica la forza necessaria per mantenerlo a velocità costante ( $F_a$  dinamica) e la si confronti con quella rilevata in precedenza. Effettuare più rilevamenti per entrambi i casi e calcolare la media dei valori registrati. Conoscendo il peso del parallelepipedo di legno e la forza d'attrito, possiamo ottenere il valore del coefficiente di attrito radente applicando la formula:

$$K = \frac{F}{P}$$

Successivamente verificare se, in diverse condizioni di utilizzo, ci sia una variazione dei coefficienti di attrito e da quali parametri essi dipendano. In particolare:

- 1- Aumentare la massa del parallelepipedo aggiungendo 2 masse da 50 gr
- 2- Cambiare la superficie di appoggio del parallelepipedo utilizzando una faccia diversa
- 3- Cambiare la tipologia delle superfici di contatto . Se l'esperienza di laboratorio è stata eseguita adeguatamente, si può osservare che la forza di attrito radente non dipenda dall'estensione della superficie di contatto, aumenti con l'aumentare del peso del corpo strisciante e sia significativamente dipendente dalla natura delle superfici di contatto.

Posizionare l'asta corta in modo normale all'asta lunga, precedentemente fissata allo stativo, a mezzo morsetto multiplo. Appoggiare la tavoletta di legno su questo sostegno in modo da ottenere un piano inclinato ed appoggiarvi il parallelepipedo di legno. Verificare come varia la forza di attrito in corrispondenza a queste nuove condizioni di studio. Rilevare con fettuccia metrica i valori di  $h$  ed  $l$  in riferimento alle diverse inclinazioni del piano inclinato e tabulare i risultati ottenuti.

**DATI E TABELLE:**

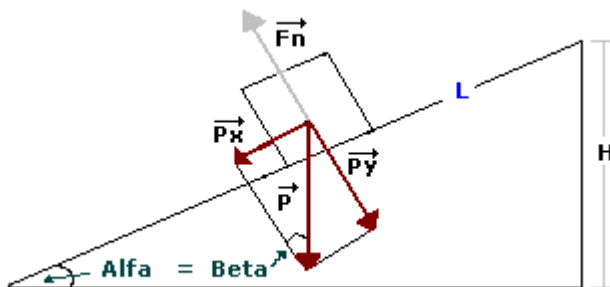
**1** Attrito radente su piano orizzontale

1 prova blocco legno-carta vetrata

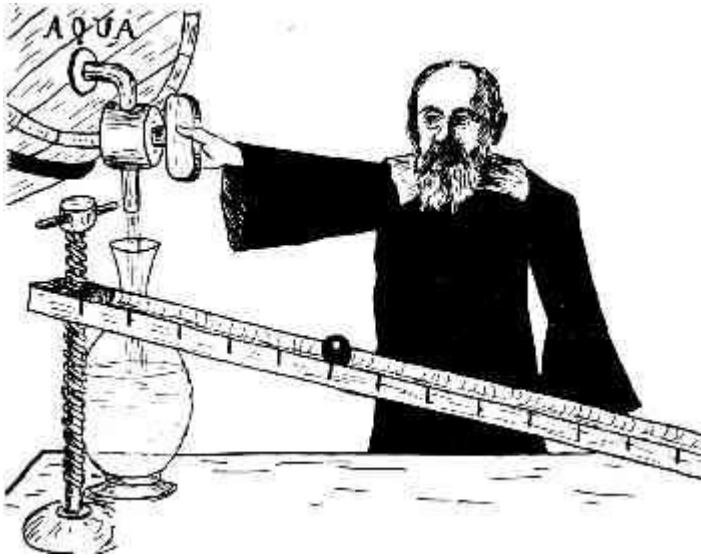
2 prova blocco legno sup minore

3 prova blocco legno-feltro

| Fa | Fp | K | Fa | Fp | K | Fa | Fp | K |
|----|----|---|----|----|---|----|----|---|
|    |    |   |    |    |   |    |    |   |
|    |    |   |    |    |   |    |    |   |
|    |    |   |    |    |   |    |    |   |







Un disegno di George Gamow (1902-1968) che rappresenta Galileo alle prese con il piano inclinato

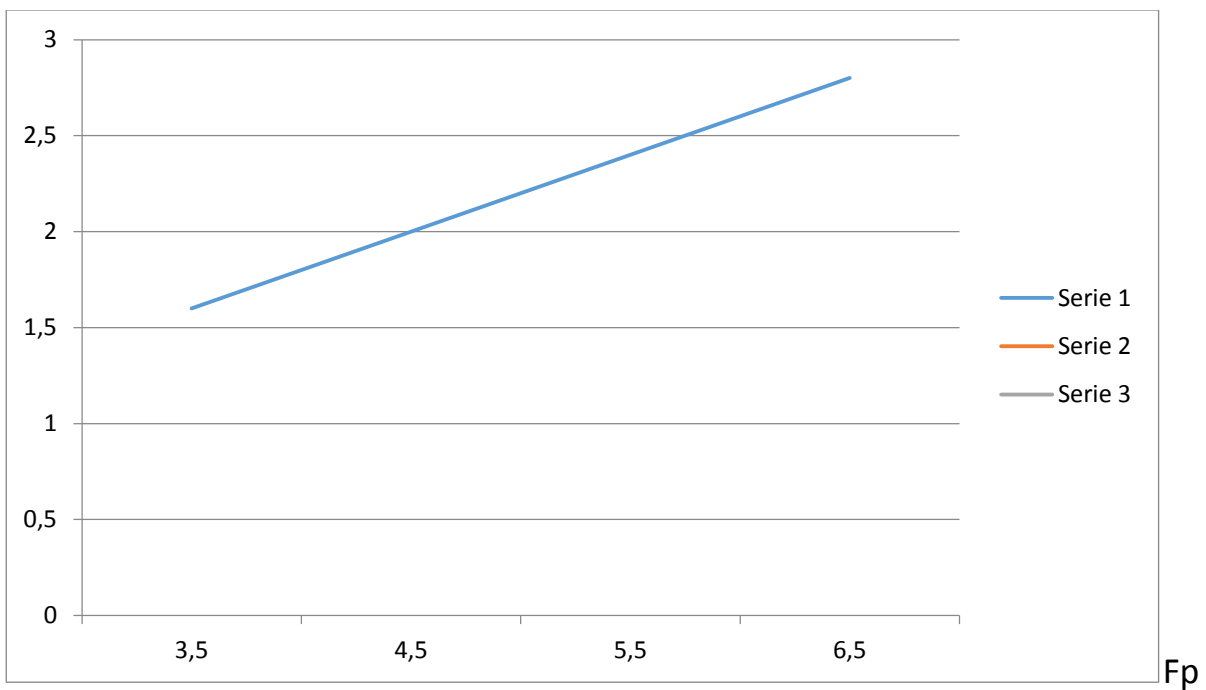
2 attrito radente su piano inclinato

| H | L | Fp | Fa | K |
|---|---|----|----|---|
|   |   |    |    |   |
|   |   |    |    |   |
|   |   |    |    |   |

ELABORAZIONE DATI-GRAFICI: esempio grafico ottenuto con i seguenti dati sperimentali

Fa 1,6-2,0-2,4-2,8; Fp 3,5-4,5-5,5-6,5

Fa



***Alcuni valori del coefficiente di attrito radente***

| <b>Superfici</b>              | <b><math>\mu_{rs}</math> (statico)</b> | <b><math>\mu_{rd}</math> (dinamico)</b> |
|-------------------------------|--|---|
| Legno - legno                 | 0,50                                   | 0,30                                    |
| Acciaio - acciaio             | 0,78                                   | 0,42                                    |
| Acciaio - acciaio lubrificato | 0,11                                   | 0,05                                    |
| Acciaio - alluminio           | 0,61                                   | 0,47                                    |
| Acciaio - ottone              | 0,51                                   | 0,44                                    |
| Acciaio - teflon              | 0,04                                   | 0,04                                    |
| Acciaio - ghiaccio            | 0,027                                  | 0,014                                   |
| Acciaio - aria                | 0,001                                  | 0,001                                   |
| Acciaio - piombo              | 0,90                                   | n.d.                                    |
| Acciaio - ghisa               | 0,40                                   | n.d.                                    |
| Acciaio - grafite             | 0,10                                   | n.d.                                    |
| Acciaio - plexiglas           | 0,80                                   | n.d.                                    |
| Acciaio - polistirene         | 0,50                                   | n.d.                                    |
| Rame - acciaio                | 1,05                                   | 0,29                                    |
| Rame - vetro                  | 0,68                                   | 0,53                                    |

|                            |           |     |
|----------------------------|-----------|-----|
| Gomma - asfalto (asciutto) | 1,0       | 0,8 |
| Gomma - asfalto (bagnato)  | 0,7       | 0,6 |
| Vetro - vetro              | 0,9 - 1,0 | 0,4 |

**CONCLUSIONI:** abbiamo sperimentato elaborando i dati ottenuti che l'attrito radente dipende dalla natura delle superfici di contatto, è indipendente dalla superficie di appoggio ed aumenta con l'aumentare per peso del corpo strisciante. Utilizzando il piano inclinato l'attrito ha effetto minore sul sistema corpo-piano d'appoggio in quanto solo la componente del peso perpendicolare al piano, agisce sulla forza d'attrito.

**BIBLIOGRAFIA:** OGF 4 Esperimenti di Fisica-Agranelli.net-Fisica

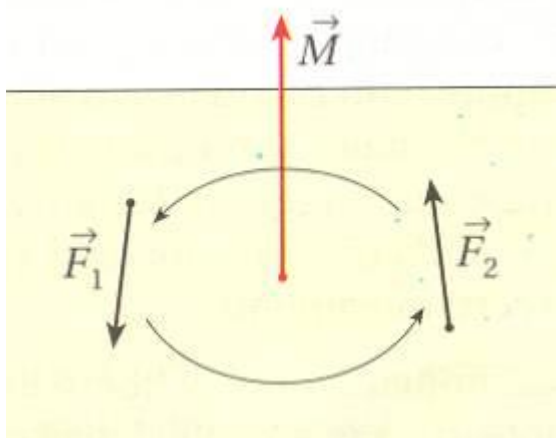
# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 8 Meccanica – Momento delle forze

**SCOPO:** verificare le condizioni di equilibrio di un'asta rigida sottoposta a forze

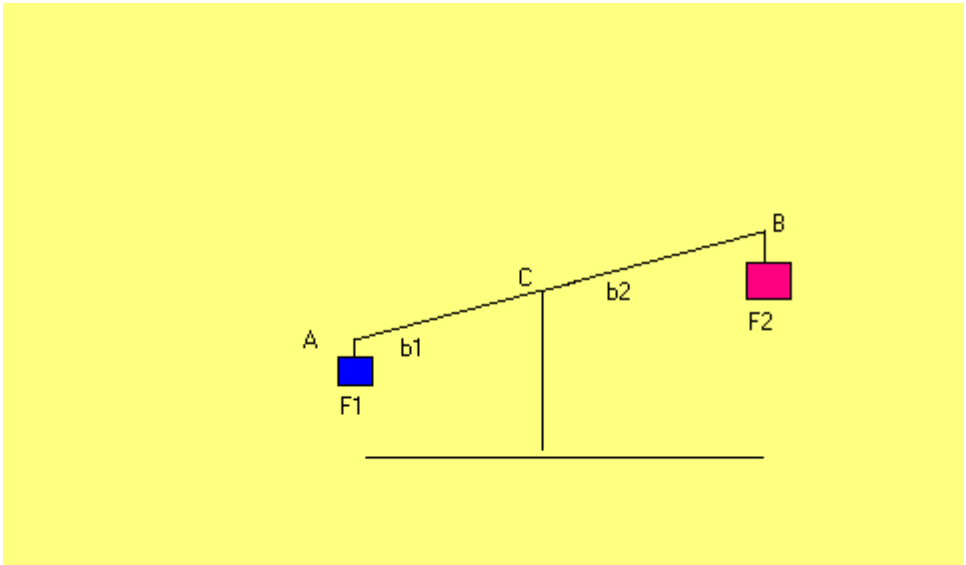
**INTRODUZIONE:** Il momento di una forza rispetto all'asse di un corpo rigido sul quale agisce, è la grandezza ottenuta dal prodotto della misura della forza per la dimensione del suo braccio. Si dice braccio di una forza rispetto all'asse, la distanza fra il punto di applicazione della forza, dall'asse del corpo considerato. Un sistema di forze applicate ad un corpo rigido, vincolato ad un punto fisso è in equilibrio quando la somma algebrica dei momenti di rotazione delle singole forze è nulla.



**APPARATO SPERIMENTALE:**

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE          | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|------------------------|--------------|---------|
| 1         | Asta rigida con ganci  |              |         |
| 10        | Pesi                   |              | 0,5 N   |
| 1         | Stativo                |              |         |
| 1         | Morsetto multiplo      |              |         |
| 1         | Asta lunga per stativo |              |         |
| 1         | Perno per asta rigida  |              |         |

**SCHEMA DELL'APPARATO USATO:**



ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA: si predispone l'apparecchiatura fissando sullo stativo, l'asta lunga, alla cui sommità avremo posto il morsetto multiplo. Successivamente si inserisce il perno di fissaggio sull'asta rigida utilizzando l'apposito foro passante per il suo baricentro e lo si applica al morsetto multiplo avendo cura di ridurre al minimo gli eventuali attriti dovuti al serraggio. Tale sistema sospeso è in equilibrio e può essere considerato privo di forze agenti.

Applicare poi dei pesi sia a sinistra che a destra del punto di sospensione dell'asta rigida con ganci e cercare condizioni di equilibrio con forze e bracci diversi.

**DATI E TABELLE:**

1-dati delle forze applicate e relativi bracci

| <i>F sin</i> | <i>braccio</i> | Momento | <i>F dx</i> | <i>braccio</i> | Momento |
|--------------|----------------|---------|-------------|----------------|---------|
|              |                |         |             |                |         |
|              |                |         |             |                |         |
|              |                |         |             |                |         |

**ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:**

CONCLUSIONI: il risultato sperimentale ottenuto con le diverse utilizzazioni del sistema, era volutamente indirizzato verso l'analisi delle condizioni di equilibrio che si ricercavano e che si raggiungevano attraverso opportuni inserimenti delle forze agenti relative a punti di applicazione che ne impedissero la rotazione o la

traslazione. Dai dati rilevati possiamo valutare che il corpo rigido esaminato, sospeso per il suo baricentro, era in equilibrio quando su di esso agivano forze il cui momento risultante era nullo.

BIBLIOGRAFIA: OGF 4 Esperimenti di Fisica

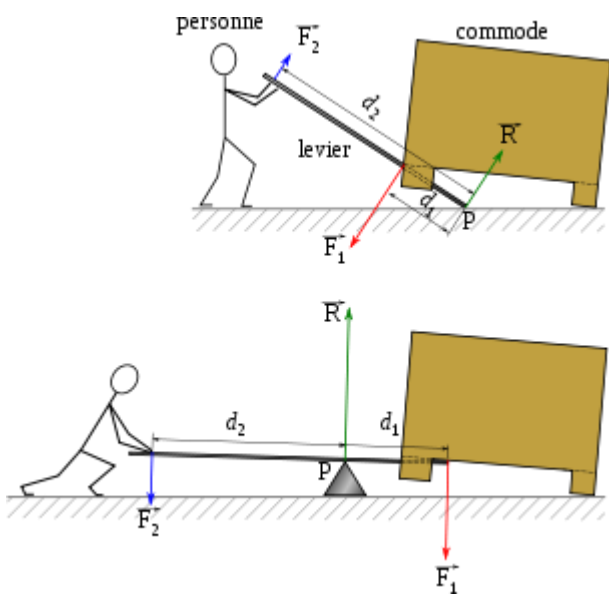
# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 9 Meccanica – Le leve

**SCOPO:** verificare come un dispositivo che consente di sfruttare le forze di reazione vincolare, riesca ad equilibrarne altre che agiscono su un corpo rigido

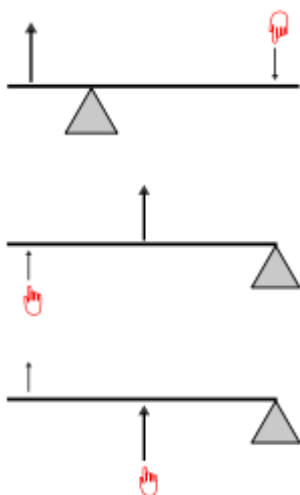
**INTODUZIONE:** la leva è costituita da una sbarra rigida girevole intorno ad un punto fisso (F) detto fulcro. A seconda della posizione assunta dal punto F rispetto alla potenza P ed alla resistenza R, la leva è detta di I°, II°, III° genere. Trattandosi di un corpo rigido con un punto fisso, nel quale la P e la R si trovano in uno stesso piano con il fulcro, si avrà equilibrio quando la somma algebrica dei momenti della potenza e della resistenza rispetto al fulcro è nulla, e poiché questi sono di segno contrario, si può dire che si ha l'equilibrio, quando il momento della potenza P è uguale a quello della resistenza R.



APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE          | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|------------------------|--------------|---------|
| 1         | Asta rigida con ganci  |              |         |
| 10        | Pesi                   |              | 0,5 N   |
| 1         | Stativo                |              |         |
| 1         | Morsetto multiplo      |              |         |
| 1         | Asta lunga per stativo |              |         |
| 1         | Perno per asta rigida  |              |         |
| 1         | Dinamometro            | 0,1 N        | 5 N     |

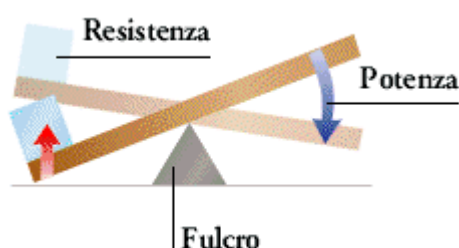
## SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA: si predispongono l'apparecchiatura fissando sullo stativo, l'asta lunga, alla cui sommità avremo posto il morsetto multiplo. Successivamente si inserisce il perno di fissaggio sull'asta rigida utilizzando l'apposito foro passante per il suo baricentro e lo si applica al morsetto multiplo avendo cura di ridurre al minimo gli eventuali attriti dovuti al serraggio. Tale sistema sospeso è in equilibrio e può essere considerato privo di forze agenti.

### Leva di 1° genere

Una leva è di primo genere quando il fulcro  $F$  si trova tra la potenza  $P$  e la resistenza  $R$ .



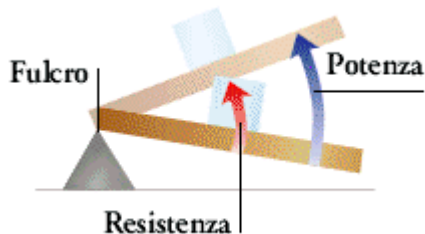
Applicare dei pesi che rappresentano la resistenza  $R$ , nel foro praticato a metà del braccio di sinistra dell'asta rigida. Affinchè essa torni in equilibrio, si devono applicare all'estremità del braccio di destra pesi corrispondenti alla metà di  $R$ . Le posizioni di equilibrio che si possono ottenere variando la  $R$  e  $P$ , e i rispettivi bracci, sono molteplici. La leva di 1° genere può essere vantaggiosa, svantaggiosa o soltanto comoda. Si può comunque constatare che in tutti i casi, la condizione di equilibrio è



soddisfatta solo quando: il prodotto della potenza per il braccio della potenza, è uguale al prodotto della resistenza per il braccio della resistenza.

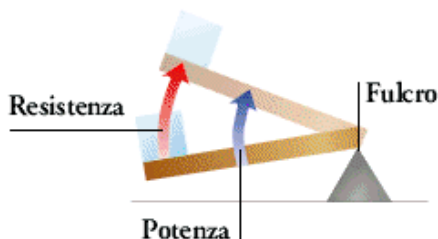
### Leva di II° genere

Una leva è di II° genere quando la resistenza R si trova tra la potenza P ed il fulcro F.



Utilizzare l'asta rigida fissandone una estremità al morsetto multiplo solidale allo stativo precedentemente usato a mezzo perno per asta (fulcro). Agganciare il dinamometro all'ultimo foro opposto (potenza P) e tenere sollevato il sistema; azzerare il dinamometro agendo sulla guaina esterna in modo che la sua parte inferiore coincida con il valore zero della scala del dinamometro. Applicare quindi in un punto intermedio uno o più pesi che rappresentano la resistenza R. Leggere i valori rilevati dal dinamometro e verificare che il momento della potenza è sempre uguale a quello della resistenza.

### Leva di III° genere



Una leva è di III° genere quando la potenza si trova tra il fulcro e la resistenza.

Per realizzare la leva di III° genere è sufficiente invertire la posizione della potenza P (dinamometro) e della resistenza R (pesetti). Rilevare i valori di P ed R, calcolare i rispettivi momenti nelle condizioni di equilibrio e tabulare i risultati ottenuti.

## DATI E TABELLE:

1- Leva di I° genere P-R-b-M

| P | R | B | M |
|---|---|---|---|
|   |   |   |   |
|   |   |   |   |
|   |   |   |   |

2- Leva di II° genere P-R-b-M

| P | R | B | M |
|---|---|---|---|
|   |   |   |   |
|   |   |   |   |
|   |   |   |   |

3- Leva di III° genere P-R-b-M

| P | R | B | M |
|---|---|---|---|
|   |   |   |   |
|   |   |   |   |
|   |   |   |   |

## ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:

**CONCLUSIONI:** abbiamo verificato le condizioni di equilibrio della leva nelle sue possibili applicazioni e valutato, trascurando gli errori sperimentali, come tale condizione fosse possibile spostando i punti di applicazione delle forze agenti sul sistema rispetto alla posizione assunta dal fulcro.

**BIBLIOGRAFIA:** OGF 4 Esperimenti di Fisica-Argomenti di Fisica, Coppia di forze

# LABORATORIO DI FISICA

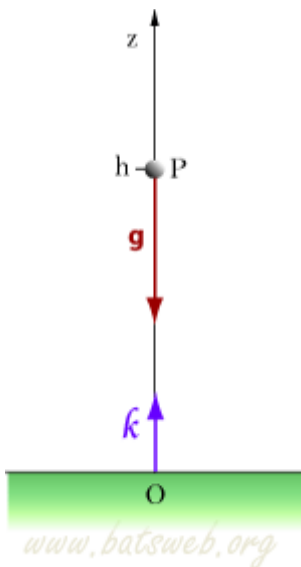
Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 10 Meccanica – Caduta dei gravi

**SCOPO:** misurare l'accelerazione di gravità mediante la valutazione delle tracce di zolfo utilizzate per la misura dei tempi

**INTODUZIONE:** il moto di caduta dei gravi (corpi soggetti a gravità) è un moto uniformemente accelerato; l'accelerazione  $g$  dovuta alla forza di gravità, è identica per tutti i corpi ed alla nostra latitudine, a livello del mare, ha il valore:

$$g = 9,7803184 \text{ m/s}^2$$



### Accelerazione di gravità sulla superficie terrestre

Sulla superficie terrestre il valore esatto di  $g$  varia a seconda del luogo, in particolare della latitudine e dell'altitudine: per questo motivo è stato anche introdotto un valore convenzionale per  $g$ , pari a  $9,80665 \text{ m/s}^2$ , dalla terza CGPM nel 1901. Si tratta di un valore medio che approssima il valore dell'accelerazione di gravità presente al livello del mare a una latitudine di  $45,5^\circ$ . Tale valore viene a volte rappresentato con  $g_0$ , quando  $g$  viene invece usato per rappresentare l'effettiva accelerazione di gravità locale. Il simbolo è scritto  $g$  minuscolo per distinguerlo dalla costante gravitazionale  $G$  che compare nella equazione di Newton.

L'effettiva accelerazione che la Terra produce su un corpo in caduta varia al variare del luogo in cui questa è misurata. Il valore dell'accelerazione aumenta con la latitudine per due ragioni:

- la rotazione della Terra, che produce una forza centrifuga che si oppone all'attrazione gravitazionale; questo effetto da solo fa sì che l'accelerazione di gravità sia  $9,823 \text{ m/s}^2$  ai poli e  $9,789 \text{ m/s}^2$  all'equatore;
- lo schiacciamento della Terra ai poli, che allontana ulteriormente dal centro della Terra ogni corpo che si trova alle basse latitudini facendo sì che la forza di gravità che agisce su di esso sia leggermente inferiore, dato che è inversamente proporzionale al quadrato della distanza tra i baricentri del corpo e della Terra.

La combinazione di questi due effetti rende il valore di  $g$  misurato ai poli circa lo 0,5% più grande di quello misurato all'equatore.

Il valore di  $g$  cui è sottoposto un corpo che si trova in aria ad altezza  $h$  sul livello del mare è calcolabile come:

$$g = 9,7803184 (1 + A \sin^2 L - B \sin^2 2L) - 3,086 \times 10^{-6} h$$

dove:

- $g$  è l'accelerazione di gravità in  $\text{m/s}^2$ ;
- $A = 0,0053024$ ;
- $B = 0,0000059$ ;
- $L$  è la latitudine;
- $h$  è l'altezza sul livello del mare in metri.

L'ultimo termine,  $3,086 \times 10^{-6} h$  è una correzione dovuta all'altezza.

Se il corpo è sulla verticale della terraferma, viene aggiunta un'ulteriore correzione dovuta alla maggiore massa di un volume di terra rispetto all'acqua; tale maggiore massa può essere approssimata con una superficie orizzontale infinita dando luogo a un fattore di correzione (la *correzione di Bouguer*) pari a  $2\pi G$  volte la massa per unità di area, ovvero  $4,2 \times 10^{-10} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2} \text{ kg}^{-1}$ .

La gravità al di sotto della superficie terrestre viene invece calcolata sottraendo dalla massa totale della Terra la massa del guscio esterno al punto di misurazione. La forza di gravità diminuisce progressivamente all'aumentare della profondità e al centro della Terra è zero perché l'intera massa del pianeta attira il corpo in tutte le direzioni attorno a esso.

Anche variazioni locali nella composizione delle rocce e delle superfici possono alterare localmente l'accelerazione di gravità; queste anomalie sono generalmente misurate e mappate.

Calcolo del valore di  $g$

A partire dalla legge della gravitazione universale,  $g$  è il prodotto di alcuni termini che vi compaiono, ovvero

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} = \left( G \frac{m_1}{r^2} \right) m_2$$
$$g = G \frac{m_1}{r^2}$$

Inserendo quindi i valori di  $G$ , della massa e del raggio della Terra si ottiene

$$g = G \frac{m_1}{r^2} = (6,6742 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}) \frac{5,9736 \times 10^{24} \text{ kg}}{(6,37101 \times 10^6 \text{ m})^2} = 9,822 \text{ m/s}^2$$

che è una buona approssimazione del valore medio di  $g$ . Le differenze sono ascrivibili a diversi fattori:

- la Terra non è omogenea
- la Terra non è una sfera perfetta - viene considerato un valore medio del suo raggio
- il calcolo non tiene conto dell'effetto centrifugo dovuto alla rotazione del pianeta

La verifica diretta delle leggi che regolano questo moto e la conseguente determinazione dell'accelerazione di gravità, offre notevoli difficoltà quando si vogliono ottenere misure di precisione. Occorrerebbero grandi altezze e l'eliminazione totale dell'aria la quale implica sempre una resistenza ed un attrito indesiderati.



APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE                       | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|-------------------------------------|--------------|---------|
| 1         | Apparecchio per la caduta dei gravi |              |         |
| 1         | Tracciatore a martelletto           |              |         |
| 1         | Sferetta                            |              |         |
| 1         | Lavagna per tracce di zolfo         |              |         |
| 1         | Riduttore di tensione               |              |         |
| 5         | Cavi di collegamento                |              |         |
| 1         | Flacone spargitore di zolfo         |              |         |
| 1         | Pennello                            |              |         |

SCHEMA DELL'APPARATO USATO:

ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA: dopo aver realizzato lo schema descritto

- 1- cospargere di zolfo la lavagnetta
- 2- Regolare l'altezza di caduta della sferetta
- 3- Inserire l'asticella della sferetta (grave) nell'apposito foro situato nella piastra di plexiglass e fissarla mediante un quarto di rotazione dell'apposita manopolina
- 4- Controllare che i due spinotti sotto il raccogliatore a tazza, sfiorino i due fori di contatto, senza toccarli
- 5- Passare il martelletto sulla lavagnetta e verificare che non si dovrebbero ottenere le tracce chiaro-scure

- 6- Liberare la sferetta ruotando la manopolina e immediatamente dopo partire con il tracciatore; sulla lavagnetta resteranno delle tracce chiaro-scure che si interromperanno solo al contatto della sferetta con la tazza raccogliatrice
- 7- Contare il numero delle tracce per avere il tempo di caduta (un tratto chiaro ed il tratto nero successivo ci danno il tempo di 1/50 di sec. cioè 0,02 sec.)
- 8- Ripetere la prova per almeno 3 diverse altezze di caduta

Abbiamo rilevato questi dati sperimentali ottenuti considerando una altezza di caduta di 0,20 m

#### DATI E TABELLE:

1- dati relativi ai tempi di caduta

| h caduta (m) | N° tracce | Tempo (s) | $g$ (m/s <sup>2</sup> ) |
|--------------|-----------|-----------|-------------------------|
| 0,20         | 10        | 0,200     | 10,0 ( $g_1$ )          |
| 0,20         | 10,2      | 0,204     | 9,6 ( $g_2$ )           |
| 0,20         | 10,3      | 0,206     | 9,4 ( $g_3$ )           |
| 0,20         | 10,1      | 0,202     | 9,7 ( $g_4$ )           |

#### ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:

Dalla legge oraria del moto uniformemente accelerato abbiamo:

$$S = \frac{1}{2} g t^2; \quad g = \frac{2S}{t^2};$$

$$g_1 = \frac{0,40}{0,200^2} = 10,0 \text{ m/s}^2$$

$$g_2 = \frac{0,40}{0,204^2} = 9,6 \text{ m/s}^2$$

$$g_3 = \frac{0,40}{0,206^2} = 9,4 \text{ m/s}^2$$

$$g_4 = \frac{0,40}{0,202^2} = 9,7 \text{ m/s}^2$$

$$g_{\Sigma} = \frac{10,0+9,6+9,4+9,7}{4} = 9,675 \text{ m/s}^2$$

CONCLUSIONI: i dati rilevati e successivamente elaborati, ci indicano con buona approssimazione e trascurando gli effetti dovuti agli attriti, un valore di  $g = 9,675 \text{ m/s}^2$ , valore molto vicino a quello riportato dai testi.

BIBLIOGRAFIA: OGF 4 Esperimenti di Fisica-Wikipedia, Forza peso

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 11 Meccanica – Moto periodico-Leggi del pendolo

**SCOPO: verifica delle leggi del pendolo**

**INTRODUZIONE:** il moto di un punto si dice periodico se ad intervalli costanti di tempo, riprende le medesime caratteristiche (velocità, accelerazione, posizione). Sono esempi di moti periodici le oscillazioni del pendolo e il moto armonico. Nel moto periodico si dice periodo il tempo ( $T$ ) impiegato dal punto mobile a riprendere le stesse caratteristiche mentre si dice frequenza ( $f$ ) il numero di volte che il punto riprende le stesse caratteristiche di moto nell'unità di tempo (1 sec). Nel moto periodico la frequenza ed il periodo sono legati dalla relazione:  $f = \frac{1}{T}$ . L'unità di misura della frequenza è l'Hertz (Hz), che corrisponde alla frequenza di un moto periodico il cui periodo è di 1 secondo.

Il **pendolo semplice** è un sistema fisico costituito da un filo inestensibile e da una massa puntiforme ( $m$ ) fissata alla sua estremità e soggetta all'attrazione gravitazionale (che supponiamo uniforme nello spazio e costante nel tempo). Questo sistema apparentemente banale è stato reso celebre dall'impegno sperimentale e teorico profuso dallo studioso Galileo Galilei, che ne ha correttamente descritto la proprietà principale, ovvero l'isocronismo. Il moto di un pendolo è regolato da quattro leggi:

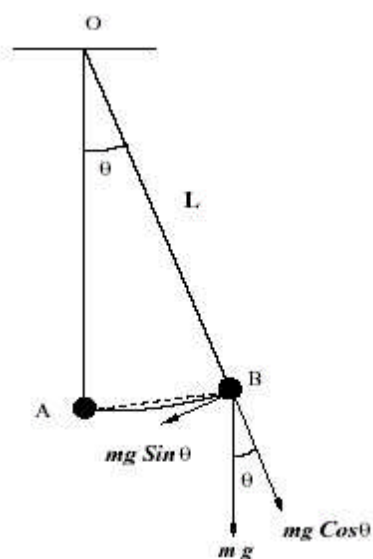
- 1- Le oscillazioni di piccola ampiezza sono isocrone
- 2- Il periodo di oscillazione è indipendente dalla massa, dalla forma e dalla sostanza del pendolo
- 3- Il periodo di oscillazione è direttamente proporzionale alla radice quadrata della sua lunghezza
- 4- Il periodo di oscillazione è inversamente proporzionale alla radice quadrata dell'accelerazione di gravità.



## APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE               | SENSIBILITA' | PORTATA  |
|-----------|-----------------------------|--------------|----------|
| 1         | Apparecchiatura di sostegno |              |          |
| 1         | Rocchetto di filo           |              |          |
| 1         | Massa di ferro              |              |          |
| 1         | Massa di legno              |              |          |
| 1         | Cronometro                  | 0,2 sec      | 60 min   |
| 1         | Fettuccia metrica           | 0,1 cm       | 200,0 cm |

## SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



## ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA:

**Le oscillazioni di piccola ampiezza sono isocrone**- Dopo aver realizzato lo schema, si sposta dalla sua posizione di quiete la massa del pendolo per una ampiezza di breve entità, e se ne rileva il valore. Successivamente la si lascia libera di oscillare e si aziona il cronometro avendo cura di rilevare il tempo necessario per un certo numero  $n$  di oscillazioni (ad es.  $n=10$ ). E' opportuno avere più dati di riferimento quindi utilizzare diversi operatori per i rilevamenti. Consideriamo poi una ampiezza diversa e misuriamo nuovamente il tempo per lo stesso numero di oscillazioni precedenti. Dividendo i tempi ottenuti per il rispettivo numero di oscillazioni, si ottiene il periodo che, entro gli errori sperimentali, è uguale in entrambi i casi.

**Il periodo di oscillazione è indipendente dalla massa**- facciamo oscillare il pendolo con la stessa lunghezza usata per la precedente esperienza e variamo la massa

appesa. Utilizziamo lo stesso criterio per il rilevamento dei tempi ed osserviamo che il periodo di oscillazione non varia al variare della massa applicata.

**Il periodo di oscillazione è direttamente proporzionale alla radice quadrata della sua lunghezza**- determiniamo il periodo di oscillazione in funzione della lunghezza  $l$  del pendolo. Rileviamo diverse lunghezze del pendolo (verticale condotta dalla sbarretta di sostegno al centro del corpo utilizzato) a mezzo fettuccia metrica e le inseriamo in apposita tabella. Se riportiamo in un sistema di assi cartesiani in ascisse il periodo  $T$  ed in ordinata le radici quadrate delle rispettive lunghezze, si ottiene una linea retta che mette in evidenza la proporzionalità dei valori riportati.

**Il periodo di oscillazione è inversamente proporzionale alla radice quadrata dell'accelerazione di gravità**- misuriamo con la fettuccia metrica la lunghezza  $l$  del pendolo e mettiamo in oscillazione il sistema. Misuriamo il periodo di oscillazione ed annotiamo i dati che ci consentono di ricavare il valore dell'accelerazione di gravità dalla relazione:

$$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}; T^2=4\pi^2\frac{l}{g}; g=\frac{4\pi^2}{T^2} l$$

DATI E TABELLE:

1- dati relativi ai periodi di oscillazione

| t (s)                 | N° oscillazioni | T (s) |  |
|-----------------------|-----------------|-------|--|
| t <sub>1</sub> = 12,8 | 10              | 1,28  |  |
| t <sub>2</sub> =12,6  | 10              | 1,26  |  |
| t <sub>3</sub> =12,8  | 10              | 1,28  |  |
| t <sub>4</sub> =12,8  | 10              | 1,28  |  |

2- dati relativi al periodo in funzione della lunghezza

| Lunghezza $l$ (m) | $\sqrt{l}$ | Periodo $T$ (s) |
|-------------------|------------|-----------------|
| 0,40              | 0,63       | 1,28            |
| 0,60              | 0,77       | 1,58            |
| 0,90              | 0,95       | 1,92            |
| 1,00              | 1,00       | 2,00            |

ELABORAZIONE DATI-GRAFICI

Calcolo di  $g$

$$g=\frac{4\pi^2}{T^2} l ;$$

$$g_1 = \frac{4(3,14)^2}{1,28^2} \cdot 0,40 = 9,6275 \text{ m/s}^2$$

$$g_2 = \frac{4(3,14)^2}{1,58^2} \cdot 0,60 = 9,4788 \text{ m/s}^2$$

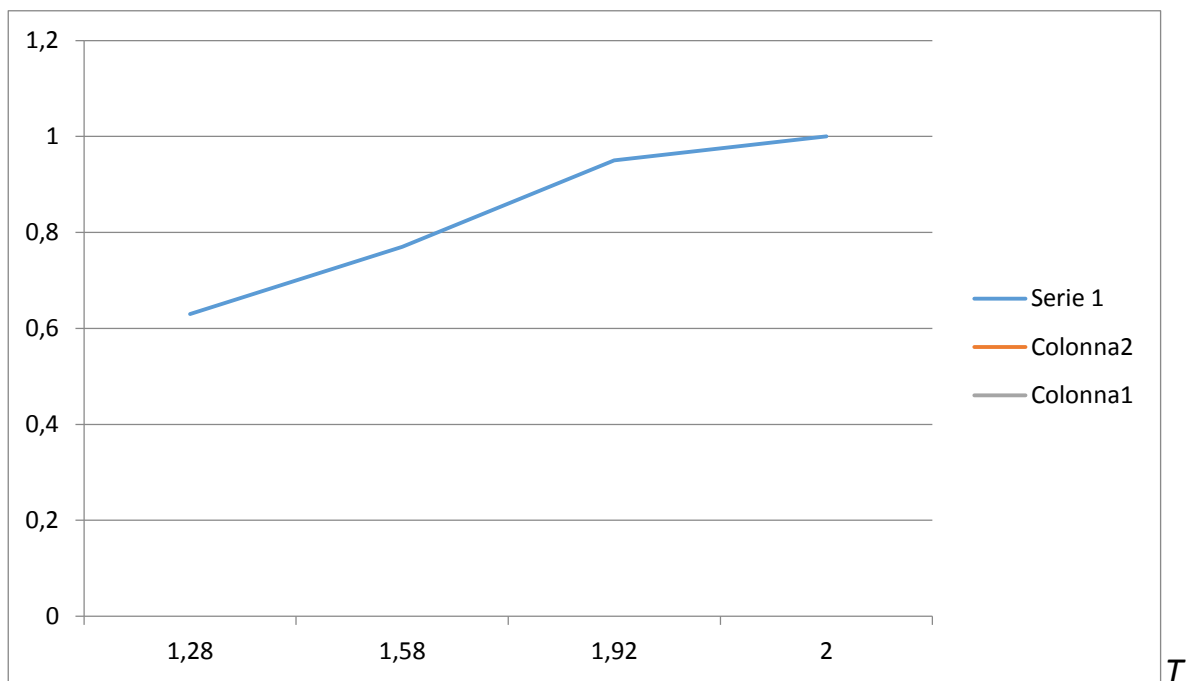
$$g_3 = \frac{4(3,14)^2}{1,92^2} \cdot 0,90 = 9,6285 \text{ m/s}^2$$

$$g_4 = \frac{4(3,14)^2}{2,00^2} \cdot 1,00 = 9,8596 \text{ m/s}^2$$

$$\Sigma g = \frac{9,6275 + 9,4788 + 9,6285 + 9,8596}{4} = 9,6486 \text{ m/s}^2$$

1-dipendenza di  $T$  da  $\sqrt{l}$

$\sqrt{l}$



CONCLUSIONI: abbiamo evidenziato che il periodo di oscillazione del pendolo, è

- 1- indipendente dall'ampiezza, purchè questa non sia molto grande
- 2- è indipendente dalla massa
- 3- è proporzionale alla radice quadrata della sua lunghezza
- 4- è inversamente proporzionale alla radice quadrata dell'accelerazione di gravità.

BIBLIOGRAFIA: OGF 4 Esperimenti di Fisica- Wikipedia, pendolo

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 12 Meccanica – Bilancia inerziale

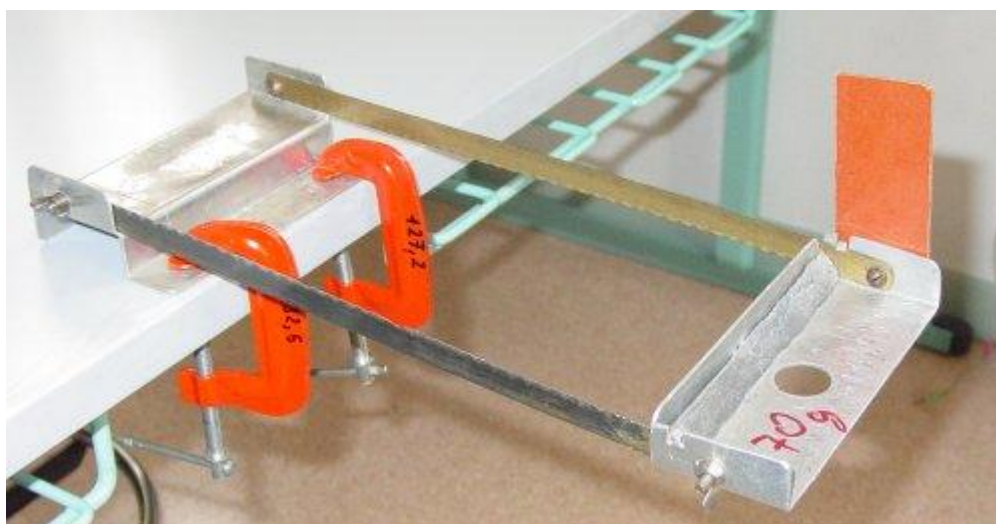
**SCOPO:** calcolare la massa incognita di un oggetto attraverso l'utilizzo della bilancia inerziale

**INTRODUZIONE:** La bilancia inerziale è composta da un supporto, fissato a un tavolo, al quale sono avvitate due bacchette di metallo flessibili che sporgono oltre il banco da lavoro. All'estremità esterna al banco e solidale con le due bacchette flessibili, è fissato un piattello sul quale si collocano sia oggetti campione che oggetti di massa incognita.

**APPARATO SPERIMENTALE:**

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE                      | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|------------------------------------|--------------|---------|
| 1         | Bilancia inerziale                 |              |         |
| 2         | Morsetto per il fissaggio al banco |              |         |
| 4         | Massa campione                     |              |         |
| 1         | Massa incognita                    |              |         |
| 1         | Cronometro                         | 0,2 sec      | 60 min  |

**SCHEMA DELL'APPARATO USATO:**



## ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA:

- 1- mettere in oscillazione il sistema agendo sulla parte mobile e misurarne il periodo  $T$  (cioè il tempo necessario per compiere un'oscillazione completa). La tecnica è quella di misurare il tempo  $t$  di un numero  $n$  di oscillazioni (almeno una decina di volte) trovando poi il periodo  $T$  come  $t/n$  (fare ripetere il rilevamento della misura da più operatori ).
- 2- Aggiungere uno alla volta sul piattello della bilancia le masse campione e valutarne il relativo periodo di oscillazione
- 3- Trascrivere i dati in una tabella che evidenzi il totale della massa oscillante, il numero delle oscillazioni considerate per ogni singolo rilevamento (ad esempio  $n=10$  oscillazioni), il tempo di  $n$  oscillazioni ed il periodo  $T$  ottenuto

Verificare che il periodo di oscillazione  $T$ , aumenta all'aumentare della massa  $m$  con proporzionalità fra  $m$  e  $T^2$  data dalla:

$$1 \quad m = \frac{k}{4 \cdot \pi^2} \cdot T^2$$

Questa formula si ricava dal secondo principio della dinamica  $F = m \cdot a$  usando come  $F$  quella della molla  $F = -k \cdot x$ . Risulta  $a = -(k/m) \cdot x$ , che è la formula del moto armonico  $a = -\omega^2 \cdot x$  con  $(k/m) = \omega^2$  e di conseguenza

$$m = \frac{k}{\omega^2} = \frac{k}{4 \cdot \pi^2} \cdot T^2$$

- 4- Riportare i dati in un sistema di assi cartesiani indicando in ordinate il periodo  $T$  di oscillazione ed in ascisse le masse utilizzate
- 5- Determinare la massa incognita inserendola sul piatto della bilancia e misurando il nuovo periodo di oscillazione ( applicare la relazione 1 vista in precedenza)

## DATI E TABELLE:

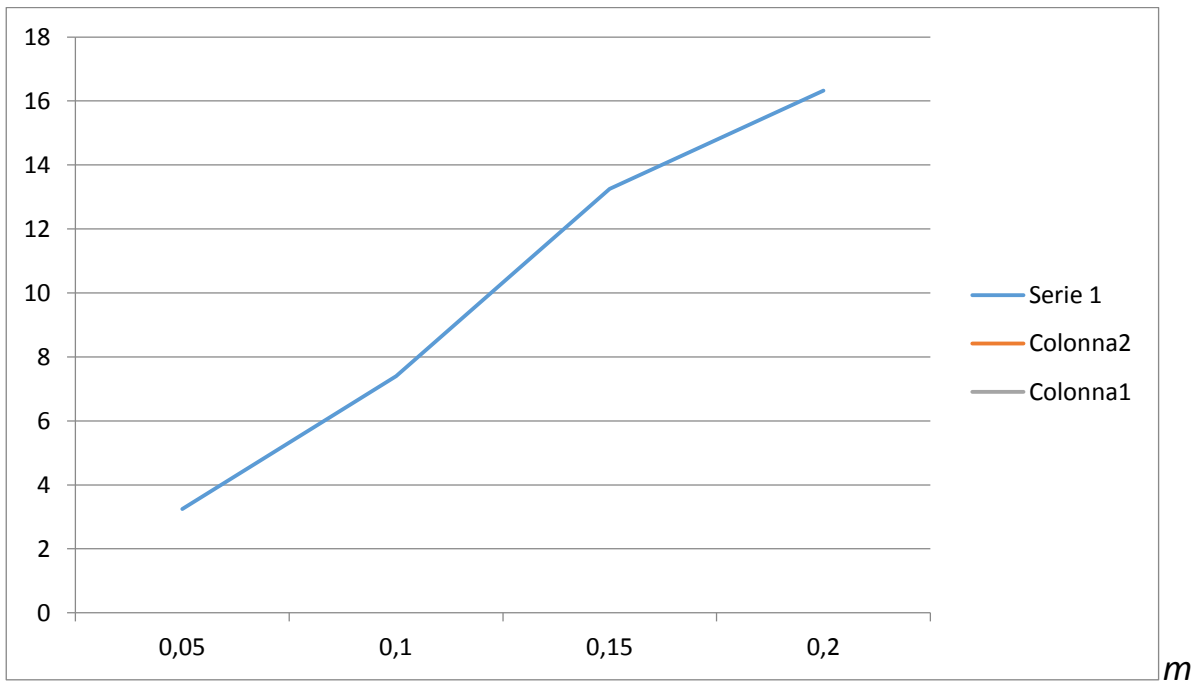
1- dati relativi ai periodi di oscillazione in funzione delle masse

| Massa (kg) | N° oscillazioni | Tempo $t$ (s) | $T$ (s) |
|------------|-----------------|---------------|---------|
| $m_1=0,05$ | 10              | 18,0          | 1,80    |
| $m_2=0,10$ | 10              | 27,2          | 2,72    |
| $m_3=0,15$ | 10              | 36,4          | 3,64    |
| $m_4=0,20$ | 10              | 40,4          | 4,04    |

## ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:

1-dati riferiti ad un rilevamento di  $T^2(s)=3,24;7,39;13,25;16,32$  corrispondenti a masse  $m( kg) =0,05;0,10;0,15;0,200$

$T^2$



**CONCLUSIONI:** attraverso il confronto tra i diversi periodi di oscillazione di un sistema che considera masse note, si riesce a determinare il valore della costante elastica che viene utilizzata per la determinazione di una massa incognita attraverso l'elaborazione di una relazione che evidenzia la proporzionalità tra massa, la costante elastica ed il periodo

**BIBLIOGRAFIA:** OGF 4 Esperimenti di Fisica- Wikipedia, bilancia inerziale

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 13 Meccanica – Misura di "g" con gocce d'acqua

**SCOPO:** determinare la misura dell'accelerazione di gravità mediante lo studio della caduta di una goccia d'acqua

**INTRODUZIONE:** qualsiasi oggetto lasciato cadere inizia la sua caduta piuttosto lentamente, ma poi acquista via via sempre più velocità (**accelera**) col passare del tempo. Galileo dimostrò che (trascurando la resistenza dell'aria) oggetti leggeri e pesanti **accelerano** in modo costante mentre cadono, cioè la loro **velocità** aumenta a ritmo costante. La velocità di una sfera lasciata cadere da una posizione elevata aumenta ogni secondo di una quantità costante, indicata in genere con la lettera  $g$  minuscola (iniziale di "gravità"). Con notazioni moderne (usando le convenzioni dell'algebra, in cui simboli o numeri scritti di seguito si intendono moltiplicati tra loro) la sua velocità è:

all'inizio -- **0** (zero)

dopo 1 secondo-- **g** metri/secondo

dopo 2 secondi-- **2g** metri/secondo

dopo 3 secondi-- **3g** metri/secondo

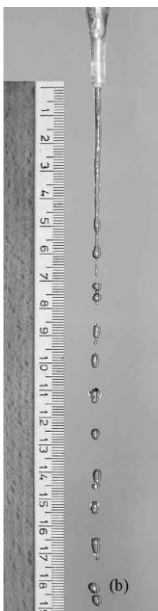
e così via. Tutto questo è un po' modificato dalla resistenza dell'aria, che diventa importante a velocità molto elevate e in genere fissa un limite superiore ("velocità terminale") alla velocità di caduta -- un limite che è molto più basso per chi usa un paracadute rispetto a chi non lo usa (attrito dell'aria).

Volendo ricondurre lo studio della caduta dei gravi all'osservazione di un fenomeno di caduta di alcune gocce d'acqua, possiamo dire che le gocce cadono percorrendo un moto unidirezionale e che sicuramente l'accelerazione di gravità  $g$  entra in gioco. L'analisi del moto della goccia d'acqua ci facilita nella conduzione dell'esperimento in quanto essa è dotata di una massa piccola rispetto all'ambiente circostante, per cui possiamo trattarla come corpo puntiforme.

**APPARATO SPERIMENTALE:**

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE               | SENSIBILITA' | PORTATA  |
|-----------|-----------------------------|--------------|----------|
| 1         | Stativo                     |              |          |
| 1         | Morsetto multiplo           |              |          |
| 1         | Asta corta per stativo      |              |          |
| 1         | Pinza con gambo             |              |          |
| 1         | Tubo di vetro con rubinetto |              |          |
| 1         | Scatola di metallo          |              |          |
| 1         | Bacinella di raccolta       |              |          |
| 1         | Cronometro                  | 0,2 s        |          |
| 1         | Fettuccia metrica           | 0,1 cm       | 200,0 cm |

#### SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



**ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA:** fissare il tubo di vetro con rubinetto alla pinza con gambo e sospenderla all'asta verticale dello stativo ad una altezza predeterminata da terra. Porre in corrispondenza della caduta delle gocce d'acqua la scatola di metallo rovesciata dentro la bacinella di raccolta in modo che l'urto della goccia contro la scatola, sia il riferimento acustico della fine del moto studiato. Regolare il sistema di caduta in modo che una goccia colpisca la scatola nello stesso istante in cui un'altra si stacca dal beccuccio del rubinetto. Con questo artificio si produce una goccia nell'intervallo di tempo in cui essa cade; ciò ci consente di rilevare l'intervallo di tempo che intercorre tra la caduta di una goccia e quella successiva. Per ottenere una precisione migliore sarebbe opportuno rilevare il tempo di caduta di un certo numero di gocce (ad es. per  $n=50$ ). Effettuare più rilevamenti e calcolare la media dei risultati ottenuti che sarà più vicina all'effettivo ritmo di formazione delle gocce. Conoscendo il tempo impiegato da una goccia a percorrere lo spazio  $s$ , si può ricavare il valore dell'accelerazione di gravità utilizzando l'equazione oraria del moto uniformemente accelerato



$$s = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + s_0$$

#### DATI E TABELLE:

1- dati relativi ai tempi di caduta delle gocce

| s (m) | N gocce | Tempo caduta t (s) | t (s) | t <sup>2</sup> (s) |
|-------|---------|--------------------|-------|--------------------|
| 1,00  | 50      | 22,6               | 0,452 | 0,204              |
| 1,00  | 50      | 22,2               | 0,444 | 0,197              |
| 1,00  | 50      | 22,4               | 0,448 | 0,200              |
| 1,00  | 50      | 22,6               | 0,452 | 0,204              |

#### ELABORAZIONE DATI-GRAFICI

$$\Sigma t^2 = \frac{0,204+0,197+0,200+0,204}{4} = 0,20125 \text{ (s}^2\text{)}$$

$$g = \frac{2s}{t^2} = \frac{2}{0,20125} = 9,93 \text{ m/s}^2$$

CONCLUSIONI: siamo riusciti ad ottenere dati sperimentali che opportunamente elaborati, hanno indicato il valore dell'accelerazione di gravità molto prossimo a quello descritto nei libri di testo attraverso un metodo di lavoro molto semplice e facilmente attuabile.

BIBLIOGRAFIA: David P.Stern- Il modo in cui le cose cadono

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 14 Meccanica – Statica degli aeriformi

**SCOPO:** dimostrare attraverso esperienze qualitative, alcuni comportamenti e caratteristiche degli aeriformi

**INTRODUZIONE:** Un corpo si trova allo stato **aeriforme** quando non ha una forma definita (è quindi un fluido) né un volume definito, in quanto tende ad espandersi, riempiendo completamente il recipiente che lo contiene. Si dice invece che un corpo è allo **stato condensato** se si trova allo stato solido o liquido. Una qualsiasi sostanza al di sopra del suo punto di ebollizione può essere definita come aeriforme.

Formalmente, un gas è un aeriforme la cui temperatura è superiore alla temperatura critica (temperatura al di sopra della quale una sostanza non può esistere allo stato liquido), e questo vuol dire che non può essere in alcun modo condensato per semplice compressione, cioè non può essere portato allo stato liquido comprimendolo a temperatura costante; gli aeriformi a temperatura inferiore a quella critica si dicono invece in stato di vapore, un vapore può diventare quindi liquido quando è sufficientemente compresso a temperatura costante. I gas sono comprimibili molto più dei liquidi e dei solidi: se ne può avere la prova riempiendo una siringa con sostanze diverse, aria, acqua, pallini di ferro, premendo poi sul cilindro della stessa, con la medesima forza. Il **principio di Archimede** afferma che *ogni corpo immerso parzialmente o completamente in un fluido (liquido o gas) riceve una spinta verticale dal basso verso l'alto, uguale per intensità al peso del volume del fluido spostato*. È così detto in onore di Archimede di Siracusa, matematico e fisico greco, vissuto nel III secolo a.C. che lo enunciò nella sua opera *Sui corpi galleggianti* (nell'opera di Archimede si trattava però di un teorema, dedotto da un semplice postulato che oggi non viene quasi mai enunciato esplicitamente). Galileo Galilei nello scritto *Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua o che in quella si muovono* (del 1612) difende il Principio di Archimede contro le erronee interpretazioni degli aristotelici. Nel 2012 in uno studio condotto dal Politecnico di Milano e dall'Università degli Studi dell'Insubria -sede di Como, è stato mostrato sperimentalmente che il principio non sembra essere valido per dimensioni nanometriche. Un corpo immerso (totalmente o parzialmente) in un fluido riceve una spinta (detta forza di galleggiamento) verticale (dal basso verso l'alto) di intensità pari al peso di una massa di fluido di forma e volume uguale a quella della parte immersa del corpo. Il punto di applicazione della forza di

Archimede, detto centro di spinta, si trova sulla stessa linea di gradiente della pressione su cui sarebbe il centro di massa della porzione di fluido che si troverebbe ad occupare lo spazio in realtà occupato dalla parte immersa del corpo.

Tale forza è detta *forza di Archimede* o *spinta di Archimede* o ancora *spinta idrostatica* (nonostante non riguardi solo i corpi immersi in acqua, ma in qualunque altro fluido – liquido o gas).

La spinta si applica al baricentro della massa di fluido spostata e non al baricentro della parte del corpo immersa nel fluido ed è diretta, secondo l'equazione fondamentale dell'idrostatica, verso il piano dei carichi idrostatici (o piano a pressione relativa nulla), che nella maggioranza dei casi coincide con il pelo libero del fluido, ed è quindi diretta verso l'alto. Archimede inventò la bilancia idrostatica, utilizzata per misurare il peso specifico dei liquidi. Sulla base di quelle rilevazioni, affermò che qualsiasi solido più leggero di un fluido, se collocato nel fluido, si immergerà in misura tale che il peso del solido sarà uguale al peso del fluido spostato.

Il principio è quindi un caso particolare dell'equazione fondamentale dell'idrostatica, che vale finché il fluido può essere trattato come un materiale continuo, e questo avviene solo fintanto che le dimensioni dei corpi immersi sono abbastanza grandi rispetto alle dimensioni delle molecole del fluido. Diversamente, il corpo (ad esempio dei granelli di polvere) è soggetto non più ad una spinta deterministica (di cui è noto modulo, direzione e verso, come quella di Archimede), ma ad una di carattere probabilistico che genera un moto Browniano.

#### APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE          | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|------------------------|--------------|---------|
| 1         | Pompa pneumatica       |              |         |
| 1         | Campana per il vuoto   |              |         |
| 1         | Crepa vesciche         |              |         |
| 1         | Aerometro              |              |         |
| 1         | Beker                  |              |         |
| 1         | Provetta               |              |         |
| 1         | Emisferi di Magdeburgo |              |         |

SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



Esperimento di Torricelli



**ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA:** prendere una provetta colma d'acqua e si capovolga in apposito beker con acqua; si ponga il sistema sul piatto, sotto la campana di vetro e si evacui a mezzo pompa pneumatica per il vuoto. Si evidenzia che l'acqua della provetta scende nel beker (esperienza di Torricelli) e che a valori pressori ridotti, questa inizierà la fase di cambiamento di stato e bollirà.

Inserire sotto la campana la bilancia idrostatica a palloncino e dopo averla tarata a condizioni ambiente, si osservi che questa assume un orientamento diverso in assenza di aria.

Si ponga il crepa vesciche appositamente preparato con una membrana di carta paraffinata, sul piatto della pompa pneumatica in corrispondenza del foro centrale e si evacui l'aria. Si osserva che dopo alcuni secondi, la membrana si rompe sottoposta all'azione della pressione atmosferica.

Si uniscano le due parti degli emisferi di Magdeburgo e si dimostri come è facilmente possibile il loro distacco a condizioni ambiente. Si faccia il vuoto all'interno degli stessi utilizzando l'apposita valvola e la pompa pneumatica. Quando la pressione interna avrà raggiunto un valore prossimo allo zero, sarà impossibile separare le due parti.

**DATI E TABELLE:**

**ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:**

**CONCLUSIONI:** le esperienze qualitative che abbiamo effettuato, evidenziano come l'aria si comporti come un fluido e come, in assenza di tale fluido, vari il comportamento dei corpi sottoposti ad indagine.

**BIBLIOGRAFIA:** Wikipedia -Sapere.it-

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 15 Meccanica – Pressione nei liquidi

**SCOPO:** verificare in che modo si trasmette la pressione nei liquidi attraverso esperienze qualitative

**INTRODUZIONE:** La **pressione idrostatica** è la forza esercitata da un fluido in quiete su ogni superficie a contatto con esso. Il valore di questa pressione dipende esclusivamente dalla densità del fluido e dall'affondamento del punto considerato dal pelo libero o, in linea più generale, dal piano dei carichi idrostatici (secondo la legge di Stevino ). Esso dunque è indipendente dalla massa sottostante il punto considerato. Si può dunque stabilire che la sua formula sia:

$$P=g \cdot h \cdot d$$

Secondo studi di Stevino, e ancor prima di Galileo nasce il **principio dei vasi comunicanti**: in recipienti (vasi) collegati tra loro (comunicanti), contenenti lo stesso liquido in quiete, il livello della superficie libera è uguale, indipendentemente dalla forma dei contenitori.

In conseguenza a quanto detto finora, si hanno delle superfici isobare, cioè a pressione costante, orizzontali. L'andamento delle pressioni è detto "triangolare" perché, essendo la pressione direttamente proporzionale all'affondamento del punto, si ha un aumento costante e lineare del valore della pressione. Volendo rappresentare questo andamento in un sistema di assi cartesiani, il risultato sarebbe una retta che forma un angolo con la direzione positiva dell'asse delle ascisse che rappresenta la densità del liquido (all'aumentare della densità aumenta l'inclinazione della retta e quindi a variazioni uguali di affondamento si hanno aumenti di pressione maggiori).

Nel caso in cui ci siano due o più fluidi non miscibili e con densità differenti, la pressione idrostatica è rappresentata dalla somma delle pressioni provocate dai diversi fluidi. Ad esempio la pressione assoluta applicata al fondo di un recipiente pieno d'acqua a contatto con l'atmosfera è la somma della pressione atmosferica e della pressione relativa all'acqua presente nel recipiente. In questo caso si possono considerare separatamente gli effetti dei due fluidi o si può immaginare la superficie come sottoposta alla pressione di un solo fluido (considerando in essa anche la pressione dell'altro fluido rapportata al primo). Nell'esempio precedente, sapendo che l'atmosfera terrestre provoca una pressione pari a circa 10,33 metri di colonna

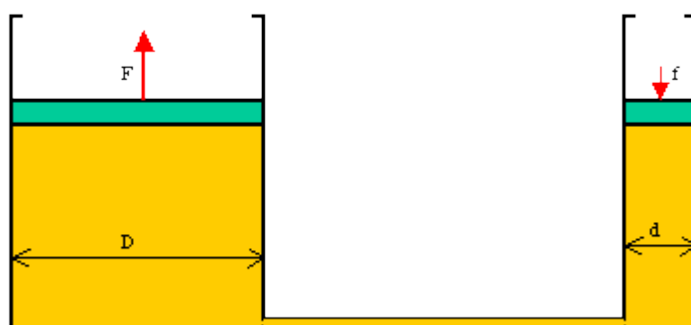
d'acqua, possiamo sommare all'affondamento del punto questa quota e calcolare così la pressione assoluta nel punto considerato. Il torchio idraulico è costituito da due cilindri contenenti un liquido (solitamente un olio) collegati da un tubo, comunque lungo, ma rigido, o meglio capace di piccole deformazioni. Funziona in base al teorema di Pascal in quanto la pressione esercitata su uno dei due pistoni si trasmette interamente in tutto il liquido e quindi anche all'altro pistone.

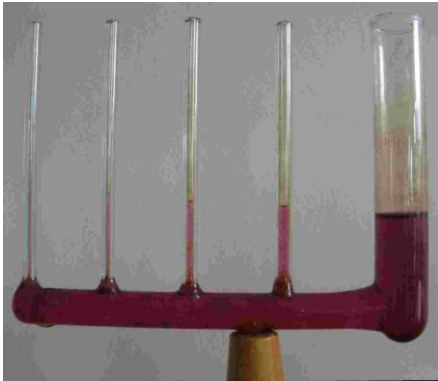
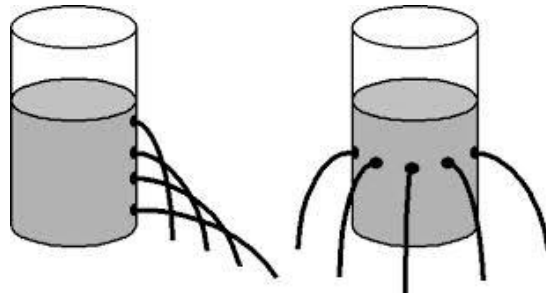
Il **principio dei vasi comunicanti** è il principio fisico secondo il quale un liquido contenuto in due o più contenitori comunicanti tra loro, in presenza di gravità raggiunge lo stesso livello dando vita ad un'unica superficie equipotenziale. L'acqua, come tutti i liquidi, non ha forma propria ma assume la forma del recipiente che la contiene. Per questo motivo, se si versa un liquido in vasi tra loro in comunicazione, anche se di forma diversa (purché di diametro non molto piccolo per evitare che intervengano fenomeni fisici come la capillarità), esso si dispone allo stesso livello in ognuno dei contenitori.

#### APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE                    | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|----------------------------------|--------------|---------|
| 1         | Apparecchio di pascal            |              |         |
| 1         | Torchio idraulico                |              |         |
| 1         | Cilindro forato                  |              |         |
|           | Acqua                            |              |         |
| 1         | Apparecchio dei vasi capillari   |              |         |
|           | Apparecchio dei vasi comunicanti |              |         |

#### SCHEMA DELL'APPARATO USATO:





## ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA:

### 1- Apparecchio di Pascal

Si consideri l'apparecchio di Pascal formato da una struttura di vetro, ramificata a diverse altezze e pompetta di gomma. Si inserisca acqua o altro liquido. L'esperienza consiste nel premere sulla pompetta e verificare quale livello raggiungerà il liquido nei quattro rami.

### 2- Torchio idraulico

Applicando una forza al pistone più piccolo notiamo che quello più grande tende a sollevarsi perchè la pressione esercitata dal primo pistone sul liquido, si trasmette attraverso questo ed agisce sulla superficie di contatto del secondo pistone, sollevandolo.

Il calcolo si esegue in questo modo:

Detta  $a$  l'area del pistone minore che vale:  $a = p d^2 / 4$  e  $A$  l'area del pistone maggiore che vale:  $A = p D^2 / 4$  ed indicata con  $p$  la pressione sui due pistoni che si trovano alla stessa quota, cioè:  $p = f / a = F / A$ ;

Si ottiene:

$$F = f (A / a) = f [(p D^2 / 4) / (p d^2 / 4)] = f (D^2 / d^2)$$



cioè la forza si moltiplica (o si riduce) secondo il rapporto dei quadrati dei diametri dei due cilindri.

### Cilindro forato di Pascal

È un cilindro di materiale metallico, forato a diverse altezze. Ci consente di visionare il fenomeno della fuoriuscita del liquido contenuto nel sistema, dipendente dalla posizione occupata dal foro stesso: a profondità crescenti corrispondono crescenti velocità di fuoriuscita e di conseguenza il getto avrà una gittata superiore in prossimità della base del cilindro ed una inferiore alla sommità.

### 3- Vasi comunicanti

Versiamo nel dispositivo dei vasi comunicanti un liquido che sia visibile (alcol o acqua con una sostanza colorante ad es. permanganato di potassio). Si nota subito che tale sostanza si dispone alla stessa altezza nei diversi rami che compongono l'apparato perché la pressione atmosferica agisce allo stesso modo su tutte le superfici del liquido e non dipende né dalla conformazione né dalle dimensioni dei vasi considerati.

### 4- Vasi capillari

Questa serie di tubi di piccolo diametro serve per mettere in evidenza il fenomeno della capillarità, che sembra contraddire il principio dei vasi comunicanti. Mentre infatti per vasi comunicanti di diametro superiore a qualche mm il livello è lo stesso, per vasi di diametro molto piccolo (< 2 mm) il livello è diverso e dipende dal tipo di liquido. Esistono liquidi che "bagnano la parete" (per esempio l'acqua), per i quali la superficie libera del liquido ha la forma di menisco concavo, ed esistono liquidi come il mercurio, che "non bagnano la parete", in cui la superficie libera ha la forma di menisco convesso. Nei primi la forza di adesione è molto più grande della forza di coesione, nei secondi succede il contrario. L'esistenza di queste forze giustifica il fenomeno della capillarità: se i vasi comunicanti con diametro < 2 mm (come nel nostro caso) sono riempiti con liquidi che bagnano la parete, il livello nei vasi è tanto più alto quanto più piccolo è il loro diametro. Per i liquidi che non bagnano la parete, il livello è tanto più basso quanto più piccolo è il diametro.

**Legge di Jurin:** Il dislivello (H) tra il liquido in un vaso normale e quello in un vaso capillare, comunicanti fra di loro, è inversamente proporzionale al raggio del capillare:

$$H = \frac{2\tau}{\rho r}$$

Dove:  $\tau$  è una costante detta *tensione superficiale*, il cui valore dipende dalla natura del liquido e si esprime in N/m;  $\rho$  è la *densità del liquido* (Kg/m<sup>3</sup>);  $r$  il *raggio* del vaso capillare (m).

DATI E TABELLE:

ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:

CONCLUSIONI: abbiamo osservato nella varie esperienze descritte, che esiste una importante relazione tra la pressione atmosferica a cui sono sottoposti i fluidi in condizioni ambientali ed il loro comportamento dipendente da tale fenomeno. La **pressione atmosferica** è la pressione presente in qualsiasi punto dell'atmosfera terrestre. Nella maggior parte dei casi il valore della pressione atmosferica è equivalente alla pressione idrostatica esercitata dal peso dell'aria presente al di sopra del punto di misura.

BIBLIOGRAFIA: Wikipedia –Principio di Pascal

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 16 Meccanica – Densità e peso specifico

**SCOPO:** determinare la densità di corpi a forma regolare ed irregolare e calcolare il relativo peso specifico

**INTRODUZIONE:** *Densità assoluta* - Per un corpo omogeneo, è il rapporto  $\rho$  tra la massa  $m$  e il volume  $V$ ; se il corpo non è omogeneo, la densità va definita punto per punto: in un punto  $P$  essa è il rapporto tra la massa infinitesima  $dm$  dell'elemento circostante a  $P$  e il volume infinitesimo  $dV$  dell'elemento medesimo:  $\rho = dm/dV$ . Se una delle dimensioni del corpo risulta trascurabile rispetto alle altre, in modo da avere una distribuzione sensibilmente superficiale di materia (lastre, membrane ecc.), si parla di una *d. areica* (o superficiale), rapporto fra massa e superficie; analogamente, per corpi sensibilmente unidimensionali (fili ecc.) si parla di *d. lineica* (o lineare), rapporto fra massa e lunghezza. Per quanto riguarda le dimensioni di una *d.*, queste risultano pari a  $[ml^{-3}]$  o  $[ml^{-2}]$  o  $[ml^{-1}]$  a seconda che si tratti di una *d.* volumica, areica o lineica. La densità di una sostanza non varia, come non variano massa e volume, da luogo a luogo; essa dipende invece in generale dalla temperatura e dalla pressione che influiscono sul volume del corpo (l'influenza della pressione è però trascurabile per i solidi e per i liquidi, praticamente incompressibili). Il volume generalmente cresce al crescere della temperatura ( $\rightarrow$  dilatazione): quindi, restando invariata la massa, diminuisce la densità. A questa legge fanno tuttavia eccezione alcune sostanze, fra le quali la più rilevante è l'acqua (la cui *d.* ha a  $3,98\text{ }^\circ\text{C}$  il suo massimo). Nel S.I. l'unità di misura della densità è il  $\text{Kg}/\text{m}^3$

*Densità relativa*- È il rapporto  $\delta = m/m_a$  tra la massa  $m$  di un certo volume di una sostanza e la massa  $m_a$  di un ugual volume di acqua distillata a  $3,98\text{ }^\circ\text{C}$ . Si parla di densità relativa, ma a rigore si dovrebbe definire densità relativa all'acqua. Se un corpo ha un volume  $V$  e una massa  $m$  ed è  $m_a$  la massa di un ugual volume di acqua (distillata,  $3,98\text{ }^\circ\text{C}$ ), fra la *d.* assoluta  $\rho$  e quella relativa  $\delta$  passa la relazione  $\rho = \delta m_a / V$ . Vengono utilizzati i densimetri per la misurazione di *d.* assolute o relative (i picnometri, la bilancia di Archimede, l'effusimetro, gli areometri).

*Peso specifico*- E' opportuno tener presente che mentre la densità è un rapporto tra una massa e un volume, il peso specifico è un rapporto tra un peso (quindi una forza) e un volume. Visto che il peso è pari alla massa moltiplicata per l'accelerazione di gravità espressa in  $g$ , il peso specifico (espresso in  $\text{kg peso} / \text{m}^3$ ) e la densità hanno di conseguenza il medesimo valore solo se ci si trova in un punto

dove l'accelerazione di gravità è esattamente uguale a  $g_n$  (gravità standard che per convenzione è pari a  $9,80665 \text{ m/s}^2$  cioè 1 g). Il **peso specifico** è definito come il peso di un campione di materiale diviso per il suo volume.

$$\gamma = \frac{P}{V}$$

Nel Sistema internazionale l'unità di misura è il newton/m<sup>3</sup>.

#### APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE          | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|------------------------|--------------|---------|
| 1         | Blocchetto di metallo  |              |         |
| 1         | Cilindro ottone        |              |         |
| 1         | Cilindro alluminio     |              |         |
| 1         | Cilindro ferro         |              |         |
| 1         | Cilindro piombo        |              |         |
|           | Acqua                  |              |         |
| 1         | Cilindro graduato      | 0,5 ml       | 25 ml   |
| 1         | Beker                  | 20 ml        | 80 ml   |
| 1         | Bilancia               | 0,02 gr      | 600 gr  |
| 1         | Riga metrica o calibro |              |         |

#### SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



**ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA:** si rilevi la massa del parallelepipedo di metallo sulla bilancia e se ne annoti il valore. Si dimensiona ora il parallelepipedo con asta metrica o calibro e se ne ricavi il volume. Si valuti ora il volume del nostro oggetto campione per immersione nel cilindro graduato e spostamento della massa d'acqua e lo si confronti col risultato del volume ottenuto dall'elaborazione dei dati.

Successivamente si ponga sul piatto della bilancia un oggetto di forma irregolare e se ne determini la massa. Per l'impossibilità di rilevamenti dimensionali data la non

omogeneità dell'oggetto considerato, si valuti il suo volume per immersione nel cilindro graduato e relativo spostamento della massa d'acqua dalla sua posizione iniziale. Si calcoli la densità del corpo irregolare. Si utilizzino poi i cilindri di materiale diverso e attraverso la procedura descritta, si rilevino i valori che consentano il calcolo della misura della densità.

#### DATI E TABELLE:

1-dati relativi alla densità degli oggetti considerati

| Oggetto      | Massa (g) | V iniziale (ml) | V finale (ml) | V ogg(ml) | $\rho$ ( kg/m <sup>3</sup> ) |
|--------------|-----------|-----------------|---------------|-----------|------------------------------|
| Cilindro ott | 32,40     | 15              | 19            | 4         | 8100                         |
| Cilindro all | 10,84     | 15              | 19            | 4         | 2710                         |
| Cilindro fer | 37,76     | 15              | 20            | 5         | 7960                         |
| Cilindro pio | 26,42     | 15              | 17,5          | 2,5       | 10568                        |

#### ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:

Calcolo della densità assoluta

$$\rho_1 = \frac{32,40}{4} = 8,1 \text{ (g/cm}^3\text{)} = 8100 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

$$\rho_2 = \frac{10,84}{4} = 2,71 \text{ (g/cm}^3\text{)} = 2710 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

$$\rho_3 = \frac{11,94}{1,5} = 7,96 \text{ (g/cm}^3\text{)} = 7960 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

$$\rho_4 = \frac{26,42}{2,5} = 10,568 \text{ (g/cm}^3\text{)} = 10568 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

Calcolo degli errori riferiti alle misure del primo oggetto campione (cilindro di ottone)

$$\epsilon_r = \frac{0,02}{32,40} + \frac{0,5}{4} = 0,13$$

$$\epsilon_a = 0,13 \cdot 8100 = 1025 \text{ Kg/m}^3$$

$$\epsilon\% = 0,013 \cdot 100 = 13\%$$

| Nome | Densità (g/cm <sup>3</sup> ) |
|------|------------------------------|
|------|------------------------------|

|                              |                  |
|------------------------------|------------------|
| <b>Alluminio</b>             | <b>2.70</b>      |
| <b>Argento</b>               | 10.49            |
| <b>Cemento</b>               | 2.7-3.0          |
| <b>Ferro</b>                 | <b>7.96</b>      |
| <b>Ghiaccio</b>              | 0.92             |
| <b>Legno (densità media)</b> | 0.75             |
| <b>Legno di cedro</b>        | 0.31-0.49        |
| <b>Legno d'ebano</b>         | 0.98             |
| <b>Legno d'olmo</b>          | 0.54-0.60        |
| <b>Legno di pino bianco</b>  | 0.35-0.50        |
| <b>Legno di quercia</b>      | 0.6-0.9          |
| <b>Nichel</b>                | 8.8              |
| <b>Oro</b>                   | 19.3             |
| <b>Ottone</b>                | <b>8.44-9.70</b> |
| <b>Osso</b>                  | 1.7-2.0          |
| <b>Piombo</b>                | <b>11.3</b>      |

CONCLUSIONI: i valori dei volumi ottenuti sperimentalmente attraverso il rilevamento delle dimensioni degli oggetti a disposizione e la successiva elaborazione dei dati o attraverso la loro valutazione tramite inserimento nel cilindro graduato, hanno dato indicazioni congrue tra loro. Le misure delle densità calcolate dei cilindri di materiale metallico, sono molto prossime a quelle indicate dai testi.

BIBLIOGRAFIA: Enciclopedia Treccani.it- Wikipedia- Ishtar, tabelle-

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 17 Meccanica – Legge di Archimede

**SCOPO:** studiare il comportamento di un corpo immerso in un fluido.

**INTRODUZIONE:** Il **principio di Archimede** afferma che *ogni corpo immerso parzialmente o completamente in un fluido (liquido o gas) riceve una spinta verticale dal basso verso l'alto, uguale per intensità al peso del volume del fluido spostato*. È così detto in onore di Archimede di Siracusa, matematico e fisico greco, vissuto nel III secolo a.C. che lo enunciò nella sua opera *Sui corpi galleggianti* (nell'opera di Archimede si trattava però di un teorema, dedotto da un semplice postulato che oggi non viene quasi mai enunciato esplicitamente). In modo più dettagliato potremmo definire che: un corpo immerso (totalmente o parzialmente) in un fluido riceve una spinta (detta forza di galleggiamento) verticale (dal basso verso l'alto) di intensità pari al peso di una massa di fluido di forma e volume uguale a quella della parte immersa del corpo. Il punto di applicazione di tale forza, detto centro di spinta, si trova sulla stessa linea di gradiente della pressione su cui sarebbe il centro di massa della porzione di fluido che si troverebbe ad occupare lo spazio in realtà occupato dalla parte immersa del corpo. Tale forza è detta *forza di Archimede* o *spinta di Archimede* o ancora *spinta idrostatica* (nonostante non riguardi solo i corpi immersi in acqua, ma in qualunque altro fluido – liquido o gas). La spinta si applica al baricentro della massa di fluido spostata e non al baricentro della parte del corpo immersa nel fluido ed è diretta, secondo l'equazione fondamentale dell'idrostatica, verso il piano dei carichi idrostatici (o piano a pressione relativa nulla), che nella maggioranza dei casi coincide con il pelo libero del fluido, ed è quindi diretta verso l'alto. Il principio è quindi un caso particolare dell'equazione fondamentale dell'idrostatica, che vale finché il fluido può essere trattato come un materiale continuo, e questo avviene solo fintanto che le dimensioni dei corpi immersi sono abbastanza grandi rispetto alle dimensioni delle molecole del fluido. Diversamente, il corpo (ad esempio dei granelli di polvere) è soggetto non più ad una spinta deterministica (di cui è noto modulo, direzione e verso, come quella di Archimede), ma ad una di carattere probabilistico che genera un moto Browniano.

**APPARATO SPERIMENTALE:**

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE         | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|-----------------------|--------------|---------|
| 1         | Blocchetto di metallo |              |         |
| 1         | Beker                 |              |         |
| 1         | Stativo               |              |         |
| 1         | Morsetto multiplo     |              |         |
| 1         | Asta lunga            |              |         |
| 1         | Asta corta            |              |         |
| 1         | Tubo graduato         | 1 cc         | 100 cc  |
| 1         | Dinamometro           | 10 gp        | 500 gp  |
| 1         | Calibro               | 0,02 mm      | 160 mm  |

SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA:

- 1- si determini il volume del blocchetto di metallo mediante calibro o per immersione nel cilindro graduato.
- 2- Si misuri il peso del blocchetto di metallo ( $P_1$ ) appendendolo per un filo sottile al dinamometro.
- 3- Si sospenda il dinamometro col blocchetto all'asta orizzontale dello stativo e si immerga il parallelepipedo nell'acqua contenuta nel beker, effettuando una nuova pesata ( $P_2$ ).



## DATI E TABELLE:

1-dati relativi al blocchetto di metallo

| Oggetto    | Volume (cm <sup>3</sup> ) | P <sub>1</sub> (gp) | P <sub>2</sub> (gp) | F =P <sub>1</sub> -P <sub>2</sub> (gp) | P <sub>H<sub>2</sub>O</sub> (gp) |
|------------|---------------------------|---------------------|---------------------|--|----------------------------------|
| Blocchetto | 9,2                       | 76,0                | 66,8                | 9,2                                    | 9,2                              |
|            |                           |                     |                     |  |                                  |

## ELABORAZIONE DATI-GRAFICI

**CONCLUSIONI:** Con questa esperienza siamo riusciti a verificare l'esistenza della spinta di Archimede tramite l'osservazione del peso dell' oggetto misurato inizialmente all'asciutto e, successivamente, immerso in acqua. Abbiamo notato che il corpo all'asciutto e quello immerso non hanno lo stesso peso, infatti, quello immerso risulta inferiore. Abbiamo, dunque, calcolato la spinta, tramite la differenza fra il peso del corpo all'asciutto e il peso del corpo immerso.

**BIBLIOGRAFIA:** Wikipedia: il principio di Archimede- doc.stunenti.it

# LABORATORIO DI FISICA

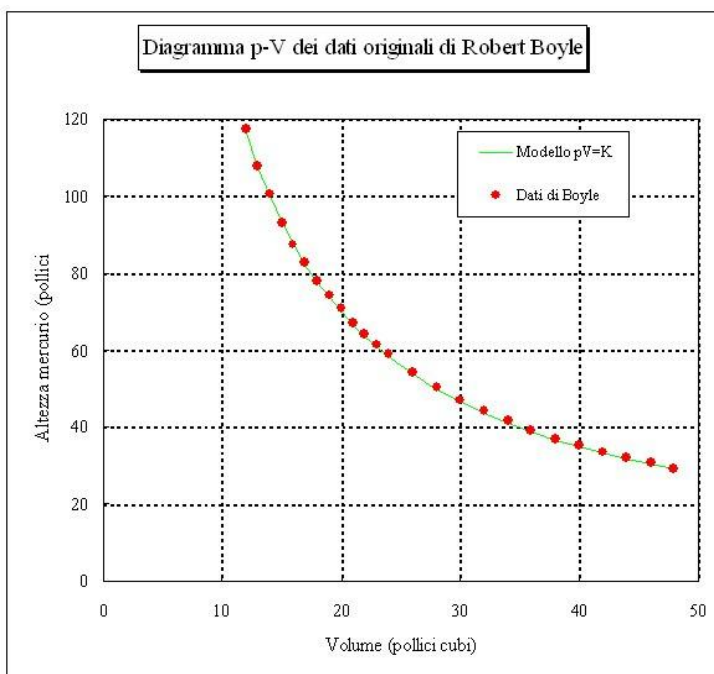
Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 18 Meccanica – Legge di Boyle

**SCOPO:** verificare che a temperatura costante pressione e volume di un gas sono grandezze inversamente proporzionali

**INTRODUZIONE:** La legge di Boyle-Mariotte fu enunciata per la prima volta da Robert Boyle (1627-1691) che nel 1662 pubblicò *"A Defence of the Doctrine Touching the Spring And Weight of the Air"*. Questa legge venne riformulata in modo più preciso da Edme Mariotte (1620-1684) nel 1676, che confermando i dati di Boyle specificò che la legge vale soltanto se la temperatura del gas è costante.

Al gas, che spontaneamente tende ad espandersi, viene applicata una forza peso che lo mantiene compresso. Il grafico qui sotto riporta i dati dell'esperimento originale di Boyle; sull'asse delle x è riportato il volume espresso nelle unità del tempo in pollici cubi, mentre l'asse delle y riporta l'altezza della colonna di mercurio in pollici. In questi dati il prodotto della pressione per il volume è effettivamente costante con un errore percentuale dell'1,4%.



La **legge di Boyle e Mariotte** afferma che in condizioni di temperatura costante la pressione di un gas perfetto è inversamente proporzionale al suo volume, ovvero

che il prodotto della pressione del gas per il volume da esso occupato è costante:

$$p \cdot V = \text{costante}$$

oppure

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

Tale costante è funzione (crescente) della temperatura assoluta, della natura del gas e del numero di moli. La legge può essere scritta anche con la seguente notazione più completa:

$$\Delta(p \cdot V)_{(T=\text{costante})} = 0$$

nella quale viene indicato che la legge vale a temperatura costante, ovvero che la costante varia con la temperatura.

APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE                           | SENSIBILITA' | PORTATA   |
|-----------|---|--------------|-----------|
| 1         | Siringa di vetro con pistone in metallo |              |           |
| 4         | Peso                                    |              | 0,5 kg    |
| 1         | Stativo                                 |              |           |
| 1         | Morsetto multiplo                       |              |           |
| 1         | Asta lunga                              |              |           |
| 1         | Pinza                                   |              |           |
| 1         | Tappo di gomma                          |              |           |
| 1         | Calibro                                 | 0,02 mm      | 160,00 mm |
| 1         | Bilancia                                | 0,02 gr      | 600,00 gr |

SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA:

Per ottenere buoni risultati da questa esperienza, occorre fare in modo che la tenuta del pistone nello scorrere dentro la siringa, avvenga con il minimo attrito e senza perdita di gas. Si consiglia di ungere il pistone di metallo con olio di vaselina; per migliorare la tenuta della nostra siringa, sarebbe opportuno incidere un solco sul pistone, nel quale si andrà a raccogliere l'olio di vaselina che costituirà un ulteriore apporto di materiale fluido necessario per lo scorrimento con poco attrito (l'esecuzione del solco può essere eseguita da un buon tornitore). Per una migliore e più precisa lettura dell'altezza della colonna di gas nella siringa, si consiglia di tarare la siringa con carta millimetrata.

Successivamente si misura con il calibro il diametro della base del pistone e se ne valuta la massa, si aspira aria nella siringa per una altezza di 3÷4 cm e si chiude la parte inferiore con il tappo di gomma. Si fissa la siringa al sostegno per mezzo della pinza e si fa pressione sul piattello dello stantuffo per verificare che non ci siano perdite d'aria (dopo ogni pressione lo stantuffo ritornerà nella posizione di partenza). Dopo avere eseguito queste operazioni si applicano, i pesi a disposizione, sullo stantuffo e si registrano le altezze decrescenti della colonna d'aria nella siringa.

#### DATI E TABELLE:

1-dati relativi alle altezze ottenute con i diversi carichi

| Tipo di gas | ∅ pistone (m) | S pistone (m <sup>2</sup> ) | Peso pistone (kg) | Pressione pistone (kg/cm <sup>2</sup> ) | Pesi applicati (kg) | Pressione dei pesi (kg/cm <sup>2</sup> ) | Pressione atm (kg/cm <sup>2</sup> ) | Pressione totale (kg/cm <sup>2</sup> ) | H col. d'aria (cm) | Volume (cm <sup>3</sup> ) |
|-------------|---------------|-----------------------------|-------------------|---|---------------------|--|-------------------------------------|--|--------------------|---------------------------|
| Aria        | 0,275         | 0,059                       | 0,055             | 0,009                                   | 0,5 (1)             | 0,09                                     | 0,99                                | 1,086                                  | 7,2                | 41,32                     |
| Aria        | 0,275         | 0,059                       | 0,055             | 0,009                                   | 1,0 (2)             | 0,17                                     | 0,99                                | 1,169                                  | 6,7                | 38,45                     |
| Aria        | 0,275         | 0,059                       | 0,055             | 0,009                                   | 1,5 (3)             | 0,26                                     | 0,99                                | 1,259                                  | 6,2                | 35,58                     |
| Aria        | 0,275         | 0,059                       | 0,055             | 0,009                                   | 2,0 (4)             | 0,34                                     | 0,99                                | 1,339                                  | 5,7                | 32,71                     |

#### ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:

$$p \cdot V = \text{costante}$$

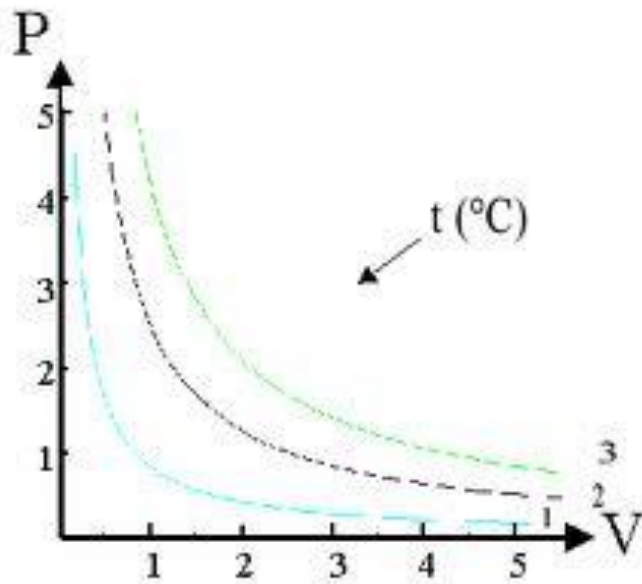
Calcolo della costante

$$K_1 = 1,086 \cdot 41,32 = 44,87 \text{ (Kg} \cdot \text{cm)}$$

$$K_2 = 1,169 \cdot 38,45 = 44,94 \text{ (Kg} \cdot \text{cm)}$$

$$K_3 = 1,259 \cdot 35,58 = 44,79 \text{ (Kg/cm)}$$

$$K_4 = 1,339 \cdot 32,71 = 43,85 \text{ (Kg/cm)}$$



CONCLUSIONI: La legge di Boyle e Mariotte è sperimentalmente verificata per gas che si comportano come un gas ideale oppure per gas in condizioni di pressione non troppo elevate (gas rarefatto) e temperature non troppo prossime alla temperatura di liquefazione. La legge non è valida per i liquidi, il cui volume varia assai poco con il variare della pressione (la variazione di densità è del tutto trascurabile fino a livelli di pressione veramente elevati). Inoltre, ad esempio nel mare, al crescere della profondità aumenta la pressione, ma la temperatura diminuisce (anziché aumentare) fino a stabilizzarsi oltre i 100-200 metri. Siamo riusciti a constatare la validità della Legge di Boyle ed abbiamo potuto verificare, attraverso l'elaborazione dei dati in nostro possesso ottenuti dal rilevamento sperimentale, che vi è una relazione inversamente proporzionale tra la pressione di un gas ed il suo volume.

BIBLIOGRAFIA: Wikipedia: la legge di Boyle

## 19 Meccanica – Legge di Gay-Lussac

**SCOPO:** verificare quale relazione intercorre tra il volume che occupa una colonna di gas (aria) a pressione costante e la temperatura dello stesso

**INTRODUZIONE:** La prima legge di Gay-Lussac, nota all'estero come legge di Charles e chiamata anche legge di Volta Gay-Lussac, afferma che in una trasformazione isobara, ovvero in condizioni di pressione costante, il volume di un gas ideale è direttamente proporzionale alla temperatura. La legge prende in lingua italiana il nome dal chimico-fisico francese Joseph Louis Gay-Lussac, che la formulò nel 1802. Il nome di *legge di Charles* deriva invece da Charles che scoprì la legge una quindicina d'anni prima, senza tuttavia pubblicare i risultati delle sue ricerche. Nel 1791 il fisico italiano Alessandro Volta compì analoghe ricerche sulla dilatazione dei gas anticipando nuovamente i risultati di Gay-Lussac. Per questo la legge sull'espansione dei gas ideali è anche detta *legge di Volta Gay-Lussac*. Indicando con  $\rho_0$  e con  $\rho(T)$  le densità alle temperature assolute rispettivamente  $T_0$  e  $T$ , la legge è espressa matematicamente dalla relazione:

$$\rho(T) = \frac{\rho_0}{1 + \alpha(T - T_0)}$$

Se si utilizza una scala assoluta di temperatura (per esempio la scala kelvin o la scala rankine), allora la prima legge di Gay Lussac prende la forma più semplice

$$\rho(T) = \frac{\rho_0}{\alpha T}$$

Il parametro  $\alpha$  è detto *coefficiente di dilatazione termica* ha le dimensioni dell'inverso della temperatura perché il prodotto  $\alpha T$  deve essere adimensionale. Un gas quindi va incontro a una rarefazione quando si scalda e a un addensamento quando si raffredda. Per un gas ideale il coefficiente di dilatazione a 0°C vale circa  $3,663 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ , pari a circa  $1/273 \text{ K}^{-1}$ . Questo valore è sempre utile come riferimento. L'equazione lineare della dilatazione termica prevede per un gas ideale con una densità infinita in corrispondenza di una temperatura  $T = -1/\alpha_0 = -273,15 \text{ °C}$ , detta zero assoluto. La maggior parte dei gas reali però si liquefa prima di giungere a tale temperatura: l'azoto a  $-196 \text{ °C}$ , l'idrogeno a  $-253 \text{ °C}$ . L'elio tuttavia liquefa solo a  $-269 \text{ °C}$  e segue la legge di Gay-Lussac più o meno fino a quella temperatura. La prima legge di

Gay Lussac è sperimentalmente verificata per pressioni non troppo elevate e per temperature non troppo prossime a quella di liquefazione del gas, ovvero quando il gas si comporta come un gas ideale. In tal senso, essa è una "legge limite", essendo vera solo per condizioni che si avvicinano alla condizione (limite) di gas ideale (al quale si avvicinano tutti i gas per pressioni molto basse e temperature molto alte).

#### APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE                    | SENSIBILITA' | PORTATA    |
|-----------|----------------------------------|--------------|------------|
| 1         | Capillare con goccia di mercurio |              |            |
| 4         | Beker o contenitore              | 50 ml        | 300 ml     |
| 1         | Stativo                          |              |            |
| 1         | Morsetto multiplo                |              |            |
| 1         | Asta lunga                       |              |            |
| 1         | Pinza                            |              |            |
| 1         | Termometro                       | 1 °C         | -10+ 130°C |
| 1         | Fornellino elettrico             |              |            |

#### SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



#### ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA:

- 1- Riempire il beker per circa  $\frac{3}{4}$  con una miscela di acqua e ghiaccio e posizionarlo sul fornellino spento
- 2- Immergere il tubo capillare in modo che la colonna d'aria al suo interno, si posizioni sotto il livello della miscela per circa 10 mm
- 3- Leggere l'altezza della colonna d'aria sulla scala del tubo capillare dopo circa 4÷5 minuti dall'immersione alla temperatura del ghiaccio fondente

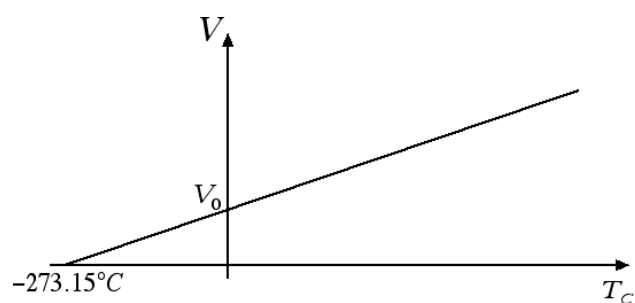
- 4- Collegare il fornellino alla presa di corrente e leggere il valore dell'altezza della colonnina d'aria per ogni variazione di temperatura di  $20^{\circ}\text{C}$
- 5- Riportare i dati in tabella
- 6- Costruire un diagramma cartesiano su carta millimetrata  $y=h$ ;  $x=t$

DATI E TABELLE:

1-dati relativi alle altezze rilevate alle diverse temperature

|                        |    |    |    |    |     |  |
|------------------------|----|----|----|----|-----|--|
| $h(\text{mm})$         |    |    |    |    |     |  |
| $t (^{\circ}\text{C})$ | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |  |

ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:



CONCLUSIONI:

BIBLIOGRAFIA: Wikipedia: la legge di Gay-Lussac



# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 20 Meccanica – Moto rettilineo uniforme e moto uniformemente accelerato (rotaia a tracce di zolfo)

**SCOPO:** studiare il moto di un carrello su piano orizzontale e su piano inclinato

INTRODUZIONE: Un corpo si muove di **moto rettilineo ed uniforme** se mantiene una velocità costante in modulo, direzione e verso. Più in generale si dice che il corpo si muove di moto rettilineo ed uniforme se nel percorrere una traiettoria rettilinea copre spazi uguali in tempi uguali. Siano:

- $\vec{s}$  lo spazio;
- $\vec{v}$  la velocità;
- $t$  il tempo,

ed indicando con  $\Delta$  l'incremento, si ha:  $\Delta\vec{s} = \vec{v} \cdot \Delta t$

Esplicitando la velocità, otteniamo l'espressione classica:  $\vec{v} = \frac{\Delta\vec{s}}{\Delta t}$

Nel SI la velocità si misura in  $m/s$ .

In cinematica il **moto uniformemente accelerato** è il moto di un punto sottoposto ad un'accelerazione costante in modulo, direzione e verso. Ne risulta che la variazione di velocità del punto è direttamente proporzionale al tempo in cui essa avviene.

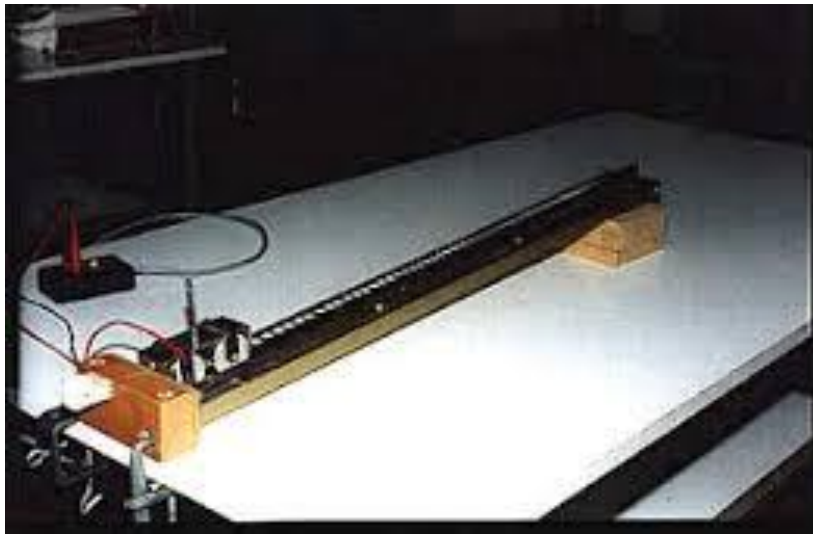
$$\text{Si ha quindi: } \vec{a} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \textit{costante}$$

dove  $\vec{v}$  è la velocità,  $\vec{a}$  l'accelerazione,  $t$  il tempo e  $\Delta$  le variazioni finite di tempo e di velocità. Nel SI l'accelerazione si misura in  $m/s^2$ .

## APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE               | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|-----------------------------|--------------|---------|
| 1         | Rotaia a tracce di zolfo    |              |         |
| 1         | Carrello                    |              |         |
| 1         | Adattatore di tensione      |              |         |
| 1         | Asta metrica                | 0,1 mm       | 500 mm  |
| 1         | Pennello                    |              |         |
| 1         | Flacone di zolfo in polvere |              |         |
| 2         | Blocchetti di legno         |              |         |
| 2         | Cavi di collegamento        |              |         |

## SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



**ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA:** dopo avere collegata la rotaia all'adattatore di tensione mediante i due cavi elettrici, si cosparge la parte scura del sistema con zolfo. È necessaria una distribuzione uniforme della polvere al fine di ottenere una traccia efficace che garantisca una corretta osservazione del fenomeno che intendiamo studiare; a tale scopo si usa il pennello avendo cura di utilizzare una quantità minima di zolfo. Successivamente poniamo in moto il carrello imprimendo manualmente una forza di spinta iniziale. Sulla rotaia osserveremo il formarsi di tracce scure e chiare che verranno utilizzate per la lettura dei tempi necessari al carrello per spostarsi da un punto, preso come inizio del moto, ad un altro, preso come fine del moto stesso. Le tracce scure e chiare si ottengono perché alla rotaia ed al carrello, giunge una corrente alternata che varia sinusoidalmente con la frequenza di 50 Hz, per cui ogni 0,01 s la spazzola sotto il carrello attirerà lo zolfo se è positiva e lo respingerà se è negativa. Se le tracce ottenute sono sufficientemente nitide, si passa alla misura degli spazi e dei tempi impiegati a percorrerli. Per comodità si possono misurare le tracce lasciate dal carrellino ogni 10 cm. I blocchetti di legno verranno poi utilizzati per dare inclinazioni diverse al piano della nostra rotaia e studiare di conseguenza un moto rettilineo soggetto ad una forza costante.

Si lascia partire quindi il carrello e si rilevano i valori come in precedenza avendo cura di verificare l'esatta distribuzione dello zolfo sulla superficie scura della rotaia.

### DATI E TABELLE:

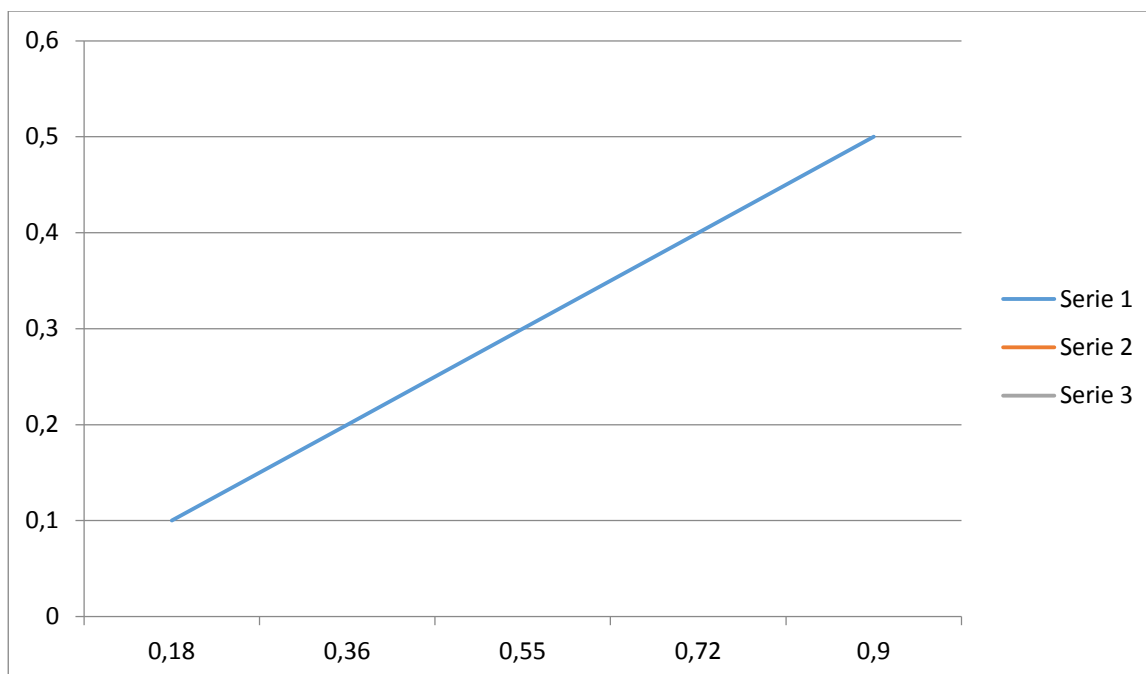
1-dati relative agli spazi ed ai tempi nel moto rettilineo uniforme

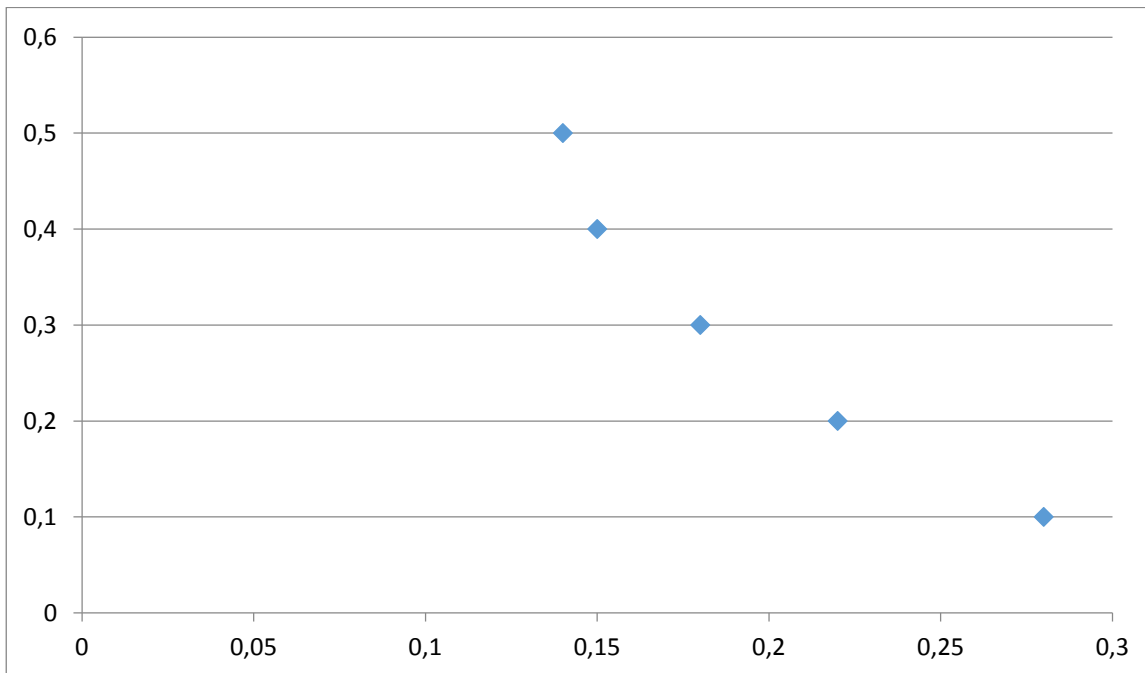
|                  |      |      |      |      |      |
|------------------|------|------|------|------|------|
| $s (m)$          | 0,10 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 |
| $N^\circ$ tracce | 18   | 36   | 55   | 72   | 90   |
| $t (s)$          | 0,18 | 0,36 | 0,55 | 0,72 | 0,90 |
| $v (m/s)$        | 0,55 | 0,55 | 0,54 | 0,55 | 0,55 |

2-dati relativi agli spazi ed ai tempi del moto uniformemente accelerato

| $s (m)$ | $t (s)$ | $\Delta s (m)$ | $\Delta t (s)$ | $\Delta s/\Delta t (m/s)$ |
|---------|---------|----------------|----------------|---------------------------|
| 0       | 0,00    |                |                |                           |
| 0,10    | 0,28    | 0,10           | 0,28           | 0,36                      |
| 0,20    | 0,50    | 0,10           | 0,22           | 0,45                      |
| 0,30    | 0,68    | 0,10           | 0,18           | 0,54                      |
| 0,40    | 0,83    | 0,10           | 0,15           | 0,63                      |
| 0,50    | 0,97    | 0,10           | 0,14           | 0,72                      |

### ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:





**CONCLUSIONI:** abbiamo osservato che il carrello inizialmente posizionato orizzontalmente e sollecitato da una forza di spinta manuale, ha mantenuto la stessa velocità in quanto il rapporto tra lo spazio percorso ed il tempo impiegato a percorrerlo, si manteneva costante. Nell'esperienza successiva effettuata in condizioni di piano inclinato, abbiamo notato che agiva sul carrello una forza costante la quale lo faceva aumentare progressivamente di velocità. Abbiamo riportato i dati in un sistema di assi cartesiane ed abbiamo ottenuto nel primo caso una retta che evidenzia un dipendenza diretta tra le due entità a confronto e nel secondo caso una iperbole.

**BIBLIOGRAFIA:** Wikipedia: moto rettilineo uniforme- uniformemente accelerato

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 21 Meccanica – Moto circolare uniforme

**SCOPO: studiare le caratteristiche di un punto mobile che percorre una circonferenza con moto uniforme**

INTRODUZIONE: Il **moto circolare** è uno dei moti semplici studiati dalla fisica e dalla cinematica e consiste in un moto di un punto materiale lungo una circonferenza. Il moto circolare assume importanza per il fatto che la velocità e l'accelerazione variano in funzione del cambiamento di direzione del moto. Tale cambiamento si può misurare comodamente usando le misure angolari per cui le equazioni del moto, introdotte con il moto rettilineo, vanno riviste e rielaborate con misure angolari. La retta passante per il centro della circonferenza e perpendicolare alla stessa prende il nome di asse di rotazione. Per semplificare l'analisi di questo tipo di moto, infatti, consideriamo che l'osservatore si ponga sull'asse di rotazione. Ciò è possibile per l'isotropia e omogeneità dello spazio. Durante questo moto si descrivono in intervalli di tempo uguali, archi uguali di circonferenza. A caratterizzare il moto circolare uniforme è il **periodo** ovvero il tempo impiegato da un punto a compiere un giro completo. L'unità di misura del periodo è il secondo. In alternativa al periodo possiamo parlare di **frequenza** ovvero il numero di giri completi descritti in un secondo. La frequenza si ottiene calcolando il reciproco del periodo e si misura in s<sup>-1</sup> unità nota come **Hz (Hertz)**.

$$T=1 \cdot f \qquad f=1 \cdot T$$

Se per il moto uniforme la velocità è il rapporto tra la distanza e il tempo impiegato a percorrerla, in questo caso la velocità (che viene detta **tangenziale**) è il rapporto tra la lunghezza della circonferenza di raggio r e il periodo.

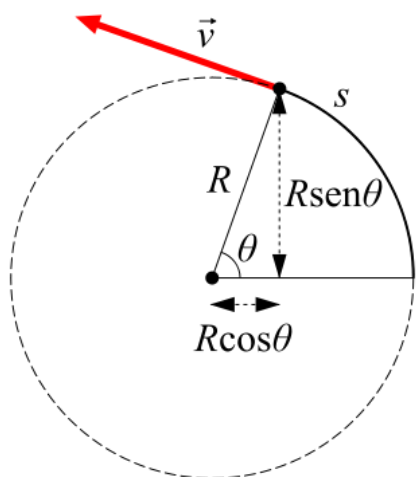
$$v = \frac{2\pi r}{T} = 2\pi r f$$

Oltre a questa esiste un'altra velocità chiamata **velocità angolare** che ha un'unità di misura differente e ha una relazione stretta con la velocità tangenziale. Essa si misura in **rad/s** (radianti al secondo) in quanto è ottenuta dal rapporto tra la porzione di angolo descritta e l'intervallo di tempo impiegato a descriverla

$$\omega = \frac{\Delta\alpha}{\Delta T}$$
$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{2\pi}{T}$$

Altra caratteristica importante di questo moto, è il fatto che agisca anche un'accelerazione, detta accelerazione centripeta che tende verso il centro e si misura in  $m/s^2$ . Infatti nel moto circolare uniforme solo il modulo della velocità rimane costante, mentre varia, istante dopo istante la sua direzione.

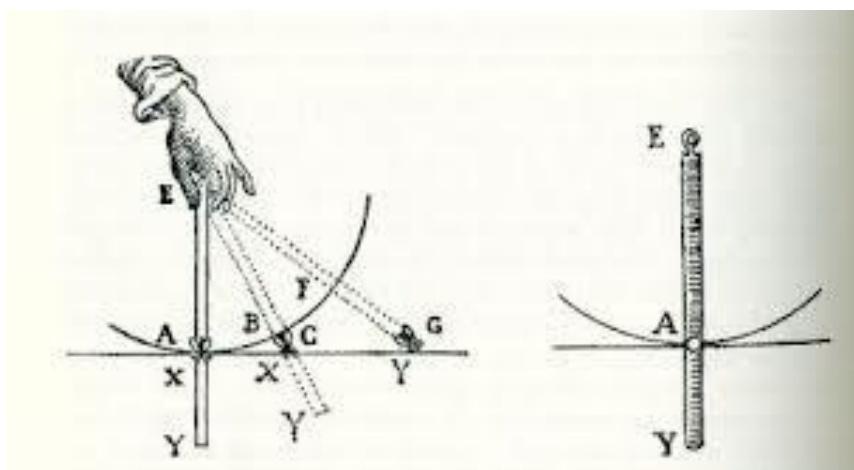
$$a_c = \omega^2 \cdot r = \frac{v^2}{r}$$



APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE                    | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|----------------------------------|--------------|---------|
| 1         | Tubo di vetro $\varnothing$ 1 cm |              |         |
| 1         | Tappo di gomma 15 gr             |              |         |
| 1         | Filo di nylon                    |              |         |
| 5         | Masse con piattello              |              | 5 gr    |
| 1         | Fermaglio                        |              |         |
| 1         | Nastro isolante                  |              |         |
| 1         | Cronometro                       | 0,2 s        | 3600 s  |
| 1         | Fettuccia metrica                | 0,1 cm       | 300 cm  |

SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA: fissare il tappo al filo , fare passare l'altra estremità del filo attraverso il tubo di vetro e legarla al gancio del piattello per masse. Agganciare al piattello tante masse fino ad equilibrare la forza esercitata dal tappo posto in rotazione. Alzare il tubo di vetro sopra la testa e, tenendo con la mano il filo sotto il tubo, mettere in rotazione il tappo cercando di mantenere costante la sua velocità. Per avere un riferimento adeguato, sistemare sul filo nella sua parte sotto il tubo, un pezzetto di nastro adesivo (che useremo come indice) ed avere cura che la sua posizione rimanga fissa ad una certa altezza (l'osservatore effettuerà la visione del fenomeno in posizione normale al filo stesso ed in prossimità dell'indice per ottenere una indagine più accurata). Quando il tappo girerà con velocità costante, si misura il tempo che lo stesso impiega a compiere un giro completo (effettuare più rilevamenti di tempo e per un numero di giri congruo, ad es: 10 giri). Successivamente, con un dito, bloccare il filo sotto il tubo di vetro e misurare la lunghezza del filo nella sua parte superiore, fino a metà del tappo rilevando così il raggio della circonferenza su cui ruotava il tappo. Tabulare ed elaborare i risultati ottenuti.

#### DATI E TABELLE:

1-dati relative alla velocità angolare nel moto studiato

| $t$ 10 giri (s) | $T$ | $r$ (m) | $a$ (m/s <sup>2</sup> ) | $\omega$ (rad/s) |  |
|-----------------|-----|---------|-------------------------|------------------|--|
|                 |     |         |                         |                  |  |
|                 |     |         |                         |                  |  |
|                 |     |         |                         |                  |  |

#### ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:

#### CONCLUSIONI:

BIBLIOGRAFIA: Wikipedia: moto circolare uniforme

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 22 Meccanica – Moto uniformemente accelerato

**SCOPO: verificare quale dipendenza vi sia tra l'accelerazione e la forza applicata ad un mobile posto su di un piano orizzontale (rotaia a cuscino d'aria)**

INTRODUZIONE: In fisica, l'**accelerazione** è una grandezza vettoriale che rappresenta la variazione della velocità nell'unità di tempo. In termini differenziali, è pari alla derivata rispetto al tempo del vettore velocità. Le derivate temporali di ordine superiore al primo della velocità vengono studiate nel moto vario. Nel SI l'unità di misura del modulo dell'accelerazione è il  $\text{m/s}^2$ , ovvero metro al secondo quadrato.

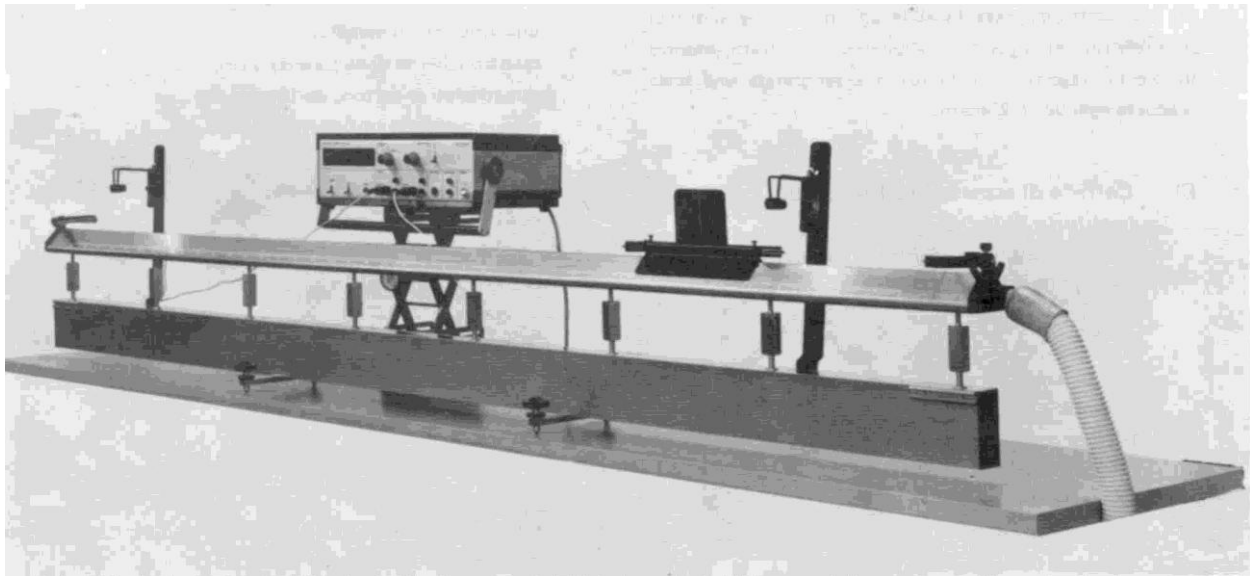
La **guidovia a cuscino d'aria** o **rotaia a cuscino d'aria** è uno strumento di laboratorio utilizzato allo scopo di rendere trascurabile l'attrito tra il corpo e il piano nello studio dei moti rettilineo uniforme o uniformemente accelerato. Il moto rettilineo uniforme si riproduce applicando una forza iniziale al carrello, mentre per quello uniformemente accelerato generalmente si sfrutta la forza di attrazione gravitazionale della Terra, inclinando il piano o sul piano orizzontale, facendo tirare il carrello da un pesetto posto in seguito ad una carrucola. In quest'ultimo caso la forza applicata, per il secondo principio della dinamica, sarà uguale alla massa del pesetto moltiplicata per l'accelerazione gravitazionale. Altrimenti, nel caso in cui la rotaia sia inclinata e non ci siano altre forze, la spinta sarà data dalla forza peso parallela al piano del carrello (massa per accelerazione gravitazionale per il seno dell'angolo compreso tra la rotaia e il piano orizzontale). È stata ideata dal professore J. Stall della Alfred University. La rotaia è composta da un lungo tubo di metallo cavo all'interno del quale viene soffiata aria da un turboventilatore elettrico. L'aria soffiata all'interno del tubo esce da dei piccoli fori posti sulla parte superiore dello stesso, ad una pressione tanto elevata quanto la pressione iniziale erogata dal turboventilatore, e ha la funzione di sollevare di pochi millimetri un apposito corpo chiamato carrello posto sopra la guidovia per farlo presumibilmente viaggiare senza attrito, che comunque è presente in un impercettibile valore. Gli unici attriti che rimangono sono quindi quello tra l'aria e il carrellino e quello di un'eventuale carrucola, tra la puleggia e la staffa, considerati comunque trascurabili.



## APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE                      | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|------------------------------------|--------------|---------|
| 1         | Rotaia a cuscino d'aria            |              |         |
| 1         | Recipiente di arresto              |              |         |
| 1         | Piattello porta pesi               |              | 25 gr   |
| 1         | Cronometro digitale                | 0,001 s      | 10 s    |
| 3         | Traguardi ottici                   |              |         |
| 1         | Magnete per trattenere il carrello |              |         |
| 1         | Carrucola                          |              |         |

## SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



**ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA:** dopo avere applicato il magnete per trattenere il carrello all'estremità della rotaia, si inserisce la carrucola all'estremità opposta. Si aggancia il portapesi al filo di nylon e lo si fa passare sulla carrucola collegandolo al carrello. Sistemare lungo la rotaia tre fotocellule per il rilevamento dei tempi alla distanza di 30 cm l'una dall'altra. Appena il carrello sarà liberato dal dispositivo di ritegno, si sposterà lungo la rotaia sotto l'azione della forza trainante del piattello portapesi (25 gr = 0,245 N). Rilevare i tempi di percorrenza e riportare i dati nell'apposita tabella.

## DATI E TABELLE:

1-dati relativi alla velocità del carrello

| $\Delta s(\text{cm})$ | $\Delta t(\text{s})$ | $V_m(\text{cm/s})$ |  |  |  |
|-----------------------|----------------------|--------------------|--|--|--|
| 30                    | 0,839                | 29,79              |  |  |  |
| 30                    | 0,348                | 71,83              |  |  |  |
| 30                    | 0,266                | 93,98              |  |  |  |

## ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:

**$V_m$**



**$\Delta t$**

**CONCLUSIONI:** abbiamo notato che l'accelerazione dipende dalla forza applicata al mobile modificando lo stato di moto rettilineo uniforme che questo avrebbe avuto in assenza di tale forza. Se la forza agente rimane costante, genera un aumento costante della velocità del carrello il quale impiegherà tempi di percorrenza sempre più brevi corrispondenti a spazi uguali rilevati lungo il percorso.

**BIBLIOGRAFIA:** Wikipedia: moto uniformemente accelerato

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 23 meccanica – Studio dei moti simultanei

**SCOPO: verificare l'indipendenza del moto orizzontale da quello verticale mediante lo studio della caduta dei gravi**

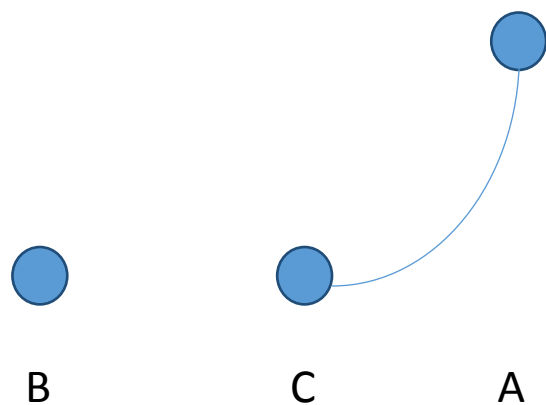
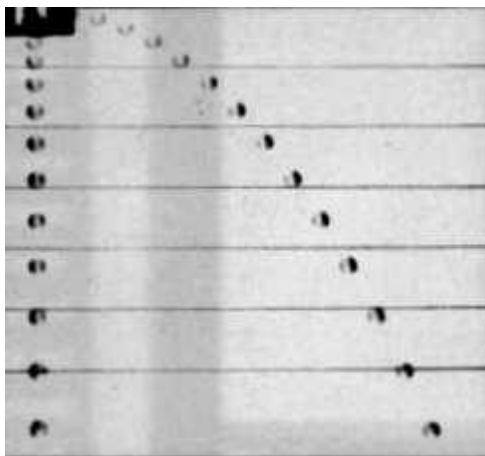
INTRODUZIONE: l'indipendenza delle componenti del moto di un grave può essere considerata come una conseguenza del principio di relatività Galileiana. Per un osservatore in moto rettilineo uniforme (con velocità costante e di valore uguale a quello della componente orizzontale della pallina nel sistema di riferimento del laboratorio), una pallina in caduta libera cade lungo la verticale: il moto verticale e quello orizzontale della pallina sono indipendenti. Un oggetto portato ad una quota  $h$  e lasciato libero di muoversi cade verso terra seguendo una traiettoria rettilinea con accelerazione costante  $g$ . Supponiamo ora di considerare un secondo oggetto, simile al precedente, posto alla stessa quota  $h$ , e di lasciarlo cadere imprimendogli però, nell'istante iniziale, una velocità orizzontale non nulla. Tale oggetto arriverà a terra dopo aver percorso una traiettoria curvilinea che lo ha portato ad allontanarsi dal punto di partenza anche in direzione orizzontale. Ci si può chiedere se i due oggetti toccano terra contemporaneamente oppure se il moto di caduta del secondo corpo sia stato in qualche modo influenzato dal possedere una componente orizzontale della velocità diversa da zero. Quello che si scopre è che il moto lungo la verticale dei due corpi è perfettamente identico, e la loro traiettoria differisce solo nella traslazione orizzontale evidenziata dal secondo oggetto. Allo stesso risultato era giunto quasi cinque secoli fa anche Galileo Galilei quando enunciò il **principio di composizione** (o di indipendenza) **dei moti simultanei**, che può essere così espresso: *se un corpo è animato contemporaneamente da due movimenti, ciascuno dei due continua ad essere caratterizzato dalle stesse leggi che lo regolano quando si svolge da solo*. Oppure, in termini perfettamente equivalenti: *un corpo soggetto a due movimenti simultanei dopo un tempo  $t$  occupa la stessa posizione che occuperebbe se avesse eseguito i due movimenti successivamente uno dopo l'altro*.

APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE        | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|----------------------|--------------|---------|
| 1         | Pista di lancio      |              |         |
| 1         | Stativo              |              |         |
| 1         | Asta metallica 30 cm |              |         |

|   |                                |  |  |
|---|--------------------------------|--|--|
| 1 | Asta metallica 50 cm           |  |  |
| 1 | Morsetto multiplo              |  |  |
| 1 | Elettromagnete                 |  |  |
| 1 | Alimentatore corrente continua |  |  |
| 1 | Relè                           |  |  |
| 2 | Biglie metalliche              |  |  |
|   | Cavi di collegamento           |  |  |

SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA: Si dispongono due sferette d'acciaio di massa e dimensioni opportune, nei punti A e B; A è inteso come il punto sulla rampa sul quale è posizionato il fermo manuale, B è inteso l'elettromagnete. Alimentare l'apparato utilizzando un generatore di corrente in modo che sia l'elettromagnete che il fototrapiguardo posizionato in C lungo la rampa di discesa, possano essere opportunamente attivati. Quando si agisce sul fermo manuale della sferetta posizionata in A, essa rotolerà senza strisciare lungo la rampa e attraverserà il fototrapiguardo interrompendo l'alimentazione dell'elettromagnete. In questo modo sia la sferetta che ha percorsa la rampa sia la sferetta ancorata all'elettromagnete si troveranno in uno stato di caduta libera dalla medesima altezza. A causa dell'indipendenza dei moti le due sferette si scontreranno in volo.

DATI E TABELLE:

1-dati relativi

|  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:

CONCLUSIONI:

BIBLIOGRAFIA: Prof. Fabio Filippi

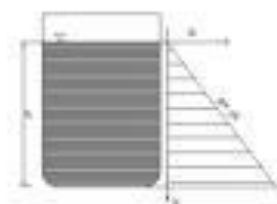
# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 24 Meccanica – Moto parabolico-Pressione idrostatica

**SCOPO:** verificare l'indipendenza del moto orizzontale da quello verticale mediante lo studio degli effetti della pressione idrostatica

**INTRODUZIONE:** La **pressione idrostatica** è la forza esercitata da un fluido in quiete su ogni superficie a contatto con esso. Il valore di questa pressione dipende esclusivamente dalla densità del fluido e dall'affondamento del punto considerato dal pelo libero o, in linea più generale, dal piano dei carichi idrostatici (secondo la legge di Stevin). Esso dunque è indipendente dalla massa sottostante il punto considerato.



**APPARATO SPERIMENTALE:**

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE                  | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|--------------------------------|--------------|---------|
| 1         | Tubo in plexiglass con fori    |              |         |
| 1         | Recipiente di raccolta liquidi |              |         |
| 1         | Asta metrica                   | 0,1 cm       | 50 cm   |
|           | Acqua                          |              |         |
|           |                                |              |         |
|           |                                |              |         |
|           |                                |              |         |

## SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA: rilevare con l'asta metrica il valore delle varie altezze dei fori da cui avverrà la fuoriuscita dell'acqua ; chiudere i tre fori e inserire acqua nel tubo precedentemente posto sul piano di lavoro fino a totale riempimento. Sistemare la vaschetta di raccolta dei liquidi in corrispondenza del tubo di plexiglass. Aprire il foro in alto ( $h=30$  cm) e misurare il valore della distanza di caduta ( $x$ ) dell'acqua nella vaschetta; effettuare i rilevamenti della distanza di caduta mantenendo la stessa procedura anche per i fori sottostanti ( $h=19,5$  cm;  $h=10$  cm).

## DATI E TABELLE:

1-dati relativi alla altezza di caduta e distanza

| $h(cm)$ | $x(cm)$ | $x^2/h (cm)$ |  |  |  |
|---------|---------|--------------|--|--|--|
| 30,0    | 33,0    | 36,0         |  |  |  |
| 19,5    | 27,0    | 37,0         |  |  |  |
| 10,0    | 19,0    | 36,0         |  |  |  |

## ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:

CONCLUSIONI: il fenomeno osservato dipende dalla **pressione idrostatica**: l'acqua infatti ha un suo peso e quindi esercita una pressione sulle pareti e sul fondo del recipiente che la contiene; la pressione idrostatica dipende dal livello assunto dell'acqua ( più in basso è maggiore).

BIBLIOGRAFIA: Wikipedia: pressione idrostatica

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 25 Meccanica – Conservazione dell'energia meccanica in un sistema oscillante

**SCOPO:** verificare attraverso i dati sperimentali, quale relazione esista tra l'energia cinetica, potenziale ed elastica

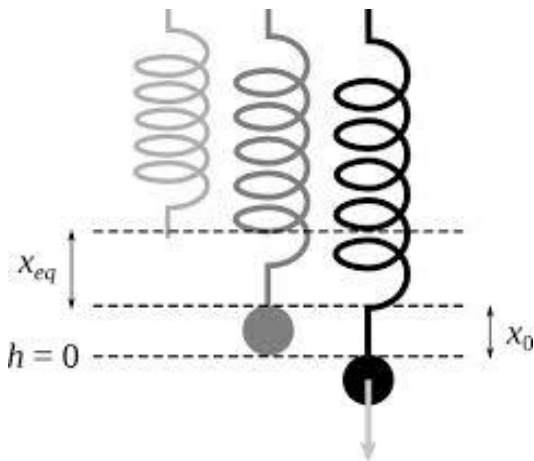
**INTRODUZIONE:** In fisica, la **legge di conservazione dell'energia** è una delle più importanti leggi di conservazione osservata nella natura. Nella sua forma più intuitiva questa legge afferma che, sebbene l'energia possa essere trasformata e convertita da una forma all'altra, la quantità *totale* di essa in un sistema isolato non varia nel tempo. L'energia di un sistema, definita come la sua capacità di svolgere un lavoro, si può presentare sotto varie forme, che possono trasformarsi le une nelle altre. Nel caso delle forze conservative, come la forza gravitazionale, la forza elastica ecc., la variazione di lavoro è esprimibile in termini di variazione di energia potenziale e di energia cinetica; ciò significa che, definiti lo stato iniziale e lo stato finale del sistema (per esempio, stato di moto e stato di quiete), si può esprimere la variazione di energia del sistema nella transizione fra i due stati, la quale non dipende dal percorso seguito, ma solo dai punti iniziale e finale. Vale quindi il principio di conservazione, che stabilisce che la grandezza fisica coinvolta, in questo caso l'energia, rimanga costante durante lo svolgimento del fenomeno. Le cose sono particolarmente semplici nel caso delle forze conservative, perché la grandezza che si conserva è l'energia meccanica, mentre si complicano con le forze non conservative, per le quali è necessario introdurre il concetto di dissipazione.

**APPARATO SPERIMENTALE:**

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE       | SENSIBILITA' | PORTATA  |
|-----------|---------------------|--------------|----------|
| 1         | Molla               |              |          |
| 1         | Sistema di sostegno |              |          |
| 1         | Massa               | 0,005 kg     | 0,200 kg |
| 1         | Asta graduata       | 0,001 m      | 0,500 m  |
| 1         | Cronometro          | 0,2 s        | 3600,0 s |



SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA: tarare il sistema fissando l'estremità della molla al sostegno in modo che la sua estremità inferiore coincida con lo zero dell'asta graduata. Appendere la massa di 0,200 kg e valutare l'allungamento subito dalla molla in queste condizioni di esercizio. Determinare la costante di elasticità della molla  $k$  ( $m \cdot g = k \cdot x$  da cui  $k = \frac{m \cdot g}{x}$ ). Descriviamo le 3 fasi operative necessarie per l'esecuzione della prova:

- 1- Sollevare la massa fino ad una posizione che indicheremo con  $x_1$
- 2- Lasciare libera la massa; questa inizierà ad oscillare di moto armonico fra le posizioni  $x_1$ , posizione dalla quale era partita, ed  $x_2$ , posizione dove la molla ha massima espansione, passando per  $x_0$  punto intermedio dell'oscillazione
- 3- Misurare il tempo che il sistema molla-massa impiega a compiere una oscillazione completa, rilevando il tempo  $T$  necessario per 10 oscillazioni. Utilizzando i principi del moto armonico ottenuto dalla proiezione di un moto circolare uniforme, la velocità sarà espressa dalla relazione

$$v = 2\pi \frac{(x_2 - x_0)}{t}$$

Per il calcolo dell'energia cinetica, potenziale ed elastica utilizziamo le seguenti espressioni

$$E_{cin} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

$$E_{pot} = m \cdot g \cdot h$$

$$E_{pel} = \frac{1}{2} k \cdot x^2$$

## DATI E TABELLE:

1-dati relativi ai rilevamenti effettuati

|                       |       |  |
|-----------------------|-------|--|
| $m$ (kg $\pm$ 0,005)  | 0,200 |  |
| $x_0$ (m $\pm$ 0,001) | 0,200 |  |
| $x_1$ (m $\pm$ 0,001) | 0,100 |  |
| $x_2$ (m $\pm$ 0,001) | 0,300 |  |
| $T$ (s $\pm$ 0,2)     | 9,8   |  |
| $t$ (s $\pm$ 0,2)     | 0,98  |  |
| $k$ (N/m)             | 0,98  |  |

2-dati relativi alla conservazione dell'energia meccanica

|       | m (kg) | h (m) | v (m/s) | $E_c$ (J) | $E_p$ (J) | $E_{p\text{el}}$ (J) | $E_{\text{tot}}$ (J) |
|-------|--------|-------|---------|-----------|-----------|----------------------|----------------------|
| $x_0$ | 0,200  | 0,200 | 0       | 0         | 0,392     | 0,045                | 0,437                |
| $x_1$ | 0,200  | 0,100 | 0,640   | 0,040     | 0,196     | 0,196                | 0,432                |
| $x_2$ | 0,200  | 0,300 | 0       | 0         | 0         | 0,441                | 0,441                |

## ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:

$$v = 2 \cdot 3,14 \cdot \frac{0,200 - 0,100}{0,98} = 0,640 \text{ m/s}$$

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot 0,200 \cdot 0,640^2 = 0,040 \text{ J}$$

$$E_p(x_1) = 0,200 \cdot 9,8 \cdot 0,200 = 0,392 \text{ J}$$

$$E_p(x_0) = 0,200 \cdot 9,8 \cdot 0,100 = 0,196 \text{ J}$$

$$E_{p\text{el}}(x_1) = \frac{1}{2} \cdot 9,8 \cdot 0,100^2 = 0,049 \text{ J}$$

$$E_{p\text{el}}(x_0) = \frac{1}{2} \cdot 9,8 \cdot 0,200^2 = 0,196 \text{ J}$$

$$E_{p\text{el}}(x_2) = \frac{1}{2} \cdot 9,8 \cdot 0,300^2 = 0,441 \text{ J}$$

CONCLUSIONI: abbiamo valutato che nei limiti degli errori effettuati sperimentalmente, l'energia totale del sistema si mantiene costante nonostante subisca delle trasformazioni da un tipo ad un altro.

BIBLIOGRAFIA: Wikipedia: E. meccanica - Sapere.it: Legge di conservazione dell'E.

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 26 Meccanica – Conservazione della quantità di moto nell'urto elastico (biglie)

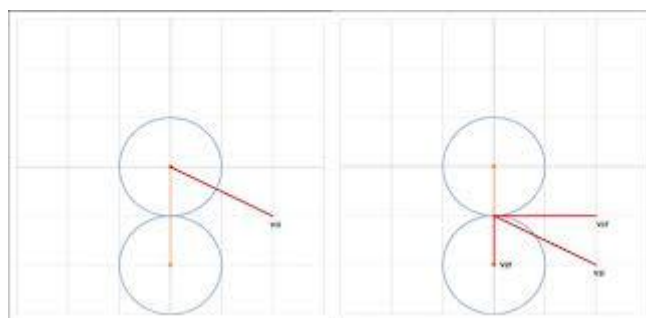
**SCOPO:** verificare la validità del Principio di conservazione, attraverso la costruzione grafica di un sistema che considera un segmento lineare come proporzionale alla componente orizzontale della velocità

**INTRODUZIONE:** in un sistema isolato (quando non agiscono forze esterne), il prodotto della massa per la velocità di tutti i corpi che ne fanno parte rimane costante. La quantità di moto può essere definita come una grandezza vettoriale di un oggetto di massa  $m$  e velocità  $v$ , che ha la direzione e il verso della velocità e modulo uguale alla quantità di moto, l'unità di misura di questa grandezza è  $\text{Kg}\cdot\text{m/s}$ .

**APPARATO SPERIMENTALE:**

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE           | SENSIBILITA' | PORTATA     |
|-----------|-------------------------|--------------|-------------|
| 1         | Pista di lancio         |              |             |
| 1         | Morsetto                |              |             |
| 2         | Sfere di acciaio uguali |              |             |
| 1         | Asta graduata           | 0,001 m      | 0,500 m     |
| 1         | Foglio carta            |              | 0,40x0,60 m |
| 1         | Foglio carta carbone    |              |             |
| 2         | Dischi metallici        |              |             |

**SCHEMA DELL'APPARATO USATO:**



**ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA:** fissare la pista di lancio al banco di lavoro mediante il morsetto e verificare che il tratto rettilineo della pista sia in piano affinché la sfera possa uscire con moto rettilineo uniforme. Sistemare il foglio bianco sul pavimento



## ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:

**CONCLUSIONI:** dopo avere considerato per opportunità le circonferenze aventi il centro nei punti di caduta delle biglie e raggio 1 cm, abbiamo tratteggiato le linee tangenti tali circonferenze in modo che si avvicinassero il più possibile alla costruzione ideale del parallelogramma ottenuto scegliendo come diagonale risultante la componente orizzontale della velocità e come lati, i vettori nei quali si è scomposta dopo l'urto. Abbiamo quindi riscontrato graficamente per estensione del concetto di validità della regola del parallelogramma rapportato alla scomposizione del vettore velocità nei due vettori componenti, che il principio di conservazione dell'energia si è verificato.

**BIBLIOGRAFIA:** Wikipedia: urti

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 27 Meccanica – Conservazione della quantità di moto nell'urto elastico ed anelastico (rotaia a cuscino d'aria)

**SCOPO:** verificare la validità del Principio di conservazione negli urti elastici ed anelastici

**INTRODUZIONE:** in un sistema isolato (quando non agiscono forze esterne), il prodotto della massa per la velocità di tutti i corpi che ne fanno parte rimane costante. La quantità di moto può essere definita come una grandezza vettoriale di un oggetto di massa  $m$  e velocità  $v$ , che ha la direzione e il verso della velocità e modulo uguale alla quantità di moto, l'unità di misura di questa grandezza è  $\text{Kg}\cdot\text{m/s}$ .

**APPARATO SPERIMENTALE:**

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE                    | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|----------------------------------|--------------|---------|
| 1         | Rotaia a cuscino d'aria          | 0,001 m      | 3,000 m |
| 2         | Carrelli di masse uguali-diverse |              |         |
| 2         | Respingenti a molla              |              |         |
| 2         | Respingenti con biadesivo        |              |         |
| 4         | Fotosensori                      |              |         |
| 1         | Cronometro digitale              |              |         |
| 1         | Cannoncino a molla               |              |         |

**SCHEMA DELL'APPARATO USATO:**



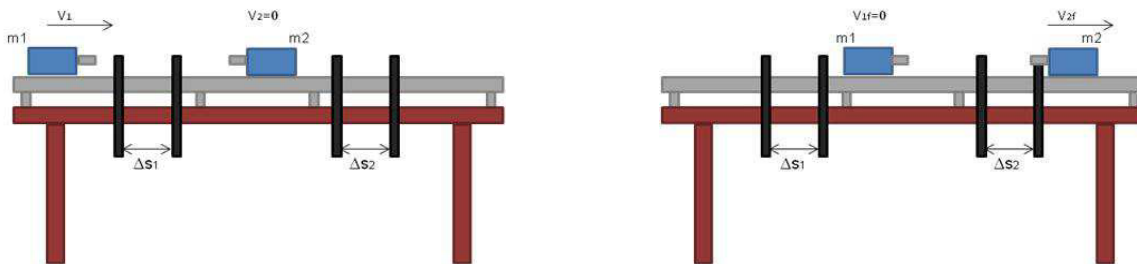
Figura 1

**ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA:** predisporre le due slitte di massa adeguata e respingente a molla o sistema accessorio per urti anelastici, la prima a contatto con il cannoncino e la seconda in prossimità del terzo traguardo ottico e prima di

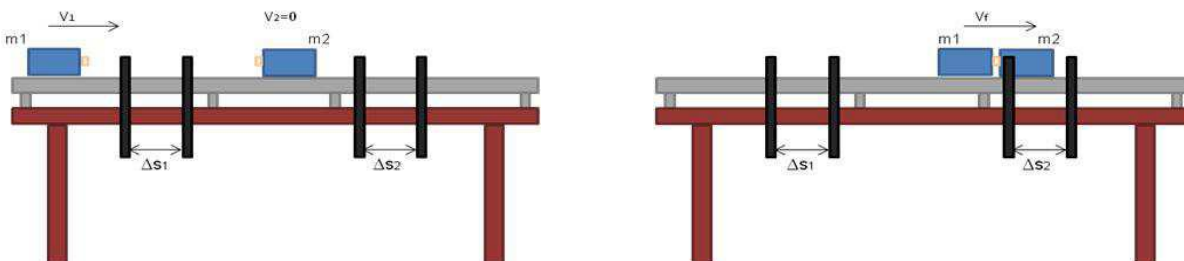
questo. I traguardi vanno posizionati a 0,300 m di distanza l'uno dall'altro in modo che lo spazio percorso dai carrelli sia sempre lo stesso. Tali fotosensori agiranno sul timer attraverso i tre cavetti di collegamento innestati nelle opportune boccole colorate situate nella parte posteriore. È necessario rispettare i colori corrispondenti della parte frontale del timer in modo che il contatto avvenga nella maniera corretta. Azionare il selettore per misurazioni di tempi di oscuramento e posizionarlo in corrispondenza della seconda possibilità di intervento. Caricare la molla del cannoncino ed avvicinarvi il proiettile; rilasciare l'asta di ritegno del cannoncino ed imprimere il moto iniziale alla slitta.

- 1- **Urto elastico tra carrelli di massa uguale:** il cursore A dopo avere attraversato i primi 2 traguardi con moto rettilineo uniforme, a seguito dell'urto si fermerà e metterà in moto il bersaglio B inizialmente fermo. Leggere i valori rilevati dai vari traguardi ottici ed annotarli in tabella.
- 2- **Urto anelastico tra carrelli di massa uguale:** sostituire al respingente a molla l'accessorio adatto all'urto anelastico opportunamente dotato di striscia collante biadesiva. Il cursore A dopo avere attraversato i primi due traguardi con moto rettilineo uniforme, urterà il bersaglio B ed entrambi solidalmente continueranno il loro percorso con moto rettilineo uniforme. Rilevare i tempi attraverso il timer ed annotarli nella tabella.
- 3- **Urto elastico tra carrelli di massa diversa:** si predispongano 2 carrelli con massa unitaria il primo e con massa doppia il secondo; si inseriscano i respingenti a molla su ognuno di essi. È possibile utilizzare il carrello di massa più piccola come proiettile e quello di massa doppia come bersaglio o viceversa. Verificare il comportamento dei due carrelli nelle rispettive circostanze di utilizzo.
- 4- **Urto anelastico tra carrelli di massa diversa:** sostituire al respingente a molla l'accessorio adatto all'urto anelastico opportunamente dotato di striscia collante biadesiva. Il cursore A dopo l'urto proseguirà il suo moto in modo solidale al cursore B inizialmente fermo. Rilevare i tempi di transito e riportarli in tabella.

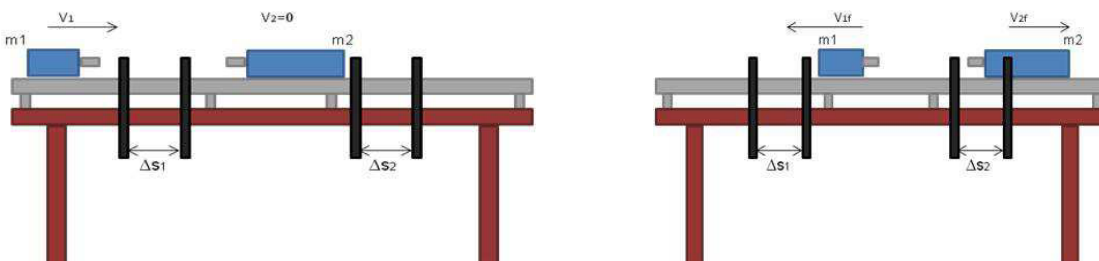
**Urto elastico tra masse uguali. Condizione prima e dopo l'urto**



**Urto anelastico tra masse uguali. Condizione prima e dopo l'urto**



**Urto elastico tra masse diverse. Condizione prima e dopo l'urto**



DATI E TABELLE:

1-dati relativi all'urto elastico Massa 1-2 uguali

| $m_1(kg)$ | $t_1(s)$ | $s_1(m)$ | $V_1(m/s)$ | $Q_1(kg \cdot m/s)$ |
|-----------|----------|----------|------------|---------------------|
|           |          |          |            |                     |
|           |          |          |            |                     |

| $m_2(kg)$ | $t_2(s)$ | $s_2(m)$ | $V_2(m/s)$ | $Q_2(kg \cdot m/s)$ |
|-----------|----------|----------|------------|---------------------|
|           |          |          |            |                     |
|           |          |          |            |                     |

2-dati relativi all'urto anelastico Massa 1-2 uguali

| $m_1(kg)$ | $t_1(s)$ | $s_1(m)$ | $V_1(m/s)$ | $Q_1(kg \cdot m/s)$ |
|-----------|----------|----------|------------|---------------------|
|           |          |          |            |                     |



|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

| $m_2(kg)$ | $t_2(s)$ | $s_2(m)$ | $V_2(m/s)$ | $Q_2(kg \cdot m/s)$ |
|-----------|----------|----------|------------|---------------------|
|           |          |          |            |                     |
|           |          |          |            |                     |
|           |          |          |            |                     |

3-dati relativi all'urto elastico Massa 1-2 diverse

| $m_1(kg)$ | $t_1(s)$ | $s_1(m)$ | $V_1(m/s)$ | $Q_1(kg \cdot m/s)$ |
|-----------|----------|----------|------------|---------------------|
|           |          |          |            |                     |
|           |          |          |            |                     |
|           |          |          |            |                     |

| $m_2(kg)$ | $t_2(s)$ | $s_2(m)$ | $V_2(m/s)$ | $Q_2(kg \cdot m/s)$ |
|-----------|----------|----------|------------|---------------------|
|           |          |          |            |                     |
|           |          |          |            |                     |
|           |          |          |            |                     |

4-dati relativi all'urto anelastico Massa 1-2 diverse

| $m_1(kg)$ | $t_1(s)$ | $s_1(m)$ | $V_1(m/s)$ | $Q_1(kg \cdot m/s)$ |
|-----------|----------|----------|------------|---------------------|
|           |          |          |            |                     |
|           |          |          |            |                     |
|           |          |          |            |                     |

| $m_2(kg)$ | $t_2(s)$ | $s_2(m)$ | $V_2(m/s)$ | $Q_2(kg \cdot m/s)$ |
|-----------|----------|----------|------------|---------------------|
|           |          |          |            |                     |
|           |          |          |            |                     |
|           |          |          |            |                     |

ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:

**CONCLUSIONI:** In questa prova sperimentale l'utilizzo della rotaia a cuscino d'aria ci ha consentito di riprodurre un sistema conservativo, in modo tale da poter effettuare uno studio adeguato sugli urti elastici e anelastici.

**BIBLIOGRAFIA:** Wikipedia: urti- [www.fisicalst.it:urti](http://www.fisicalst.it:urti)

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 28 Meccanica – Conservazione della quantità di moto nell'urto elastico ed anelastico (rotaia a cuscino d'aria)

**SCOPO:** verificare la validità del Principio di conservazione negli urti elastici ed anelastici utilizzando cronometri manuali

**INTRODUZIONE:** in un sistema isolato (quando non agiscono forze esterne), il prodotto della massa per la velocità di tutti i corpi che ne fanno parte rimane costante. La quantità di moto può essere definita come una grandezza vettoriale di un oggetto di massa  $m$  e velocità  $v$ , che ha la direzione e il verso della velocità e modulo uguale alla quantità di moto, l'unità di misura di questa grandezza è Kg·m/s.

**APPARATO SPERIMENTALE:**

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE                    | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|----------------------------------|--------------|---------|
| 1         | Rotaia a cuscino d'aria          | 0,001 m      | 3,000 m |
| 2         | Carrelli di masse uguali-diverse |              |         |
| 2         | Respingenti a molla              |              |         |
| 2         | Respingenti con biadesivo        |              |         |
| 6-9       | Cronometri                       | 0,2 s        | 3600 s  |
| 1         | Asta graduata                    |              |         |
| 1         | Cannoncino a molla               |              |         |
| 1         | Nastro adesivo                   |              |         |

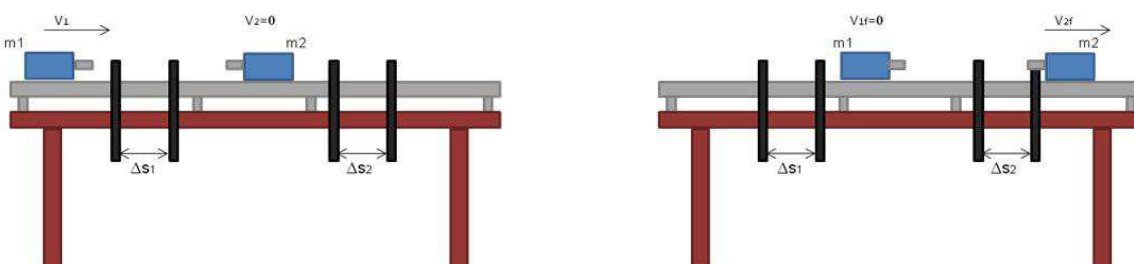
**SCHEMA DELL'APPARATO USATO:**



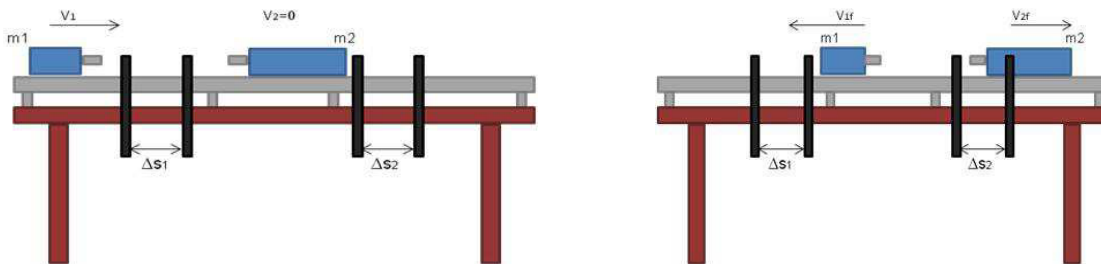
ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA: predisporre le due slitte di massa adeguata e respingenti elastici. Parallelamente alla rotaia montare un'asta graduata solidale al foglio di carta lungo e predisporre traguardi a mezzo nastro adesivo, ogni 20 cm.

- 5- **Urto elastico tra carrelli di massa uguale:** predisporre il carrello a contatto con il cannoncino e secondo carrello a 60 cm dal primo. I tempi verranno rilevati da 2 gruppi di alunni così si avranno dati sufficienti ad elaborazioni di medie risultanti e valori più attendibili. Il primo gruppo rileverà il tempo impiegato dal proiettile a percorrere lo spazio predisposto prima dell'urto mentre il secondo gruppo avrà il compito di rilevare quello impiegato dal bersaglio a percorrere lo spazio definito (60 cm) dopo l'urto.
- 6- **Urto elastico tra carrelli di massa diversa:** un cursore di massa maggiore urta un cursore inizialmente fermo, di massa minore. I tempi verranno rilevati da tre gruppi di alunni; il primo rileverà il tempo che il proiettile impiega a percorrere i 60 cm prima dell'urto, il secondo rileverà i tempi dello stesso cursore il quale dopo l'urto prosegue nel suo moto con stessa direzione e verso, il terzo rileverà quelli impiegati dal carrello di massa maggiore a percorrere 60 cm.
- 7- **Urto elastico tra carrelli di massa diversa:** il cursore di massa minore urta quello di massa maggiore. Verificare il comportamento dei due carrelli nelle rispettive circostanze di utilizzo.
- 8- **Urto anelastico tra carrelli di massa diversa:** sostituire al respingente a molla l'accessorio adatto all'urto anelastico opportunamente dotato di striscia collante biadesiva. Il cursore A dopo l'urto proseguirà il suo moto in modo solidale al cursore B inizialmente fermo. Rilevare i tempi di transito e riportarli in tabella.

### Urto elastico tra masse uguali. Condizione prima e dopo l'urto



## Urto elastico tra masse diverse. Condizione prima e dopo l'urto



### DATI E TABELLE:

1-dati relativi all'urto elastico Massa 1-2 uguali

| $m_1(\text{kg})$ | $t_1(\text{s})$ | $s_1(\text{m})$ | $V_1(\text{m/s})$ | $Q_1(\text{kg}\cdot\text{m/s})$ |
|------------------|-----------------|-----------------|-------------------|---------------------------------|
|                  |                 |                 |                   |                                 |
|                  |                 |                 |                   |                                 |

| $m_2(\text{kg})$ | $t_2(\text{s})$ | $s_2(\text{m})$ | $V_2(\text{m/s})$ | $Q_2(\text{kg}\cdot\text{m/s})$ |
|------------------|-----------------|-----------------|-------------------|---------------------------------|
|                  |                 |                 |                   |                                 |
|                  |                 |                 |                   |                                 |

2-dati relativi all'urto elastico Massa 1-2 diverse

| $m_1(\text{kg})$ | $t_1(\text{s})$ | $s_1(\text{m})$ | $V_1(\text{m/s})$ | $Q_1(\text{kg}\cdot\text{m/s})$ |
|------------------|-----------------|-----------------|-------------------|---------------------------------|
|                  |                 |                 |                   |                                 |
|                  |                 |                 |                   |                                 |

| $m_2(\text{kg})$ | $t_2(\text{s})$ | $s_2(\text{m})$ | $V_2(\text{m/s})$ | $Q_2(\text{kg}\cdot\text{m/s})$ |
|------------------|-----------------|-----------------|-------------------|---------------------------------|
|                  |                 |                 |                   |                                 |
|                  |                 |                 |                   |                                 |

3-dati relativi all'urto elastico Massa 1-2 diverse

| $m_1(\text{kg})$ | $t_1(\text{s})$ | $s_1(\text{m})$ | $V_1(\text{m/s})$ | $Q_1(\text{kg}\cdot\text{m/s})$ |
|------------------|-----------------|-----------------|-------------------|---------------------------------|
|                  |                 |                 |                   |                                 |
|                  |                 |                 |                   |                                 |

| $m_2(\text{kg})$ | $t_2(\text{s})$ | $s_2(\text{m})$ | $V_2(\text{m/s})$ | $Q_2(\text{kg}\cdot\text{m/s})$ |
|------------------|-----------------|-----------------|-------------------|---------------------------------|
|                  |                 |                 |                   |                                 |
|                  |                 |                 |                   |                                 |
|                  |                 |                 |                   |                                 |

ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:

CONCLUSIONI: In questa prova sperimentale l'uso della rotaia a cuscino d'aria ci ha consentito di riprodurre un sistema conservativo, in modo tale da poter effettuare uno studio adeguato sugli urti elastici e anelastici.

BIBLIOGRAFIA: Wikipedia: urti- [www.fiscalst.it:urti](http://www.fiscalst.it:urti)

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 29 Meccanica – Onde nella molla

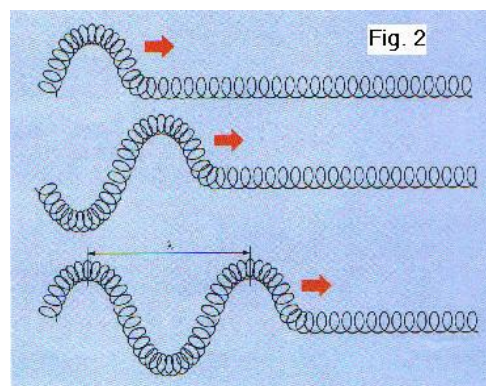
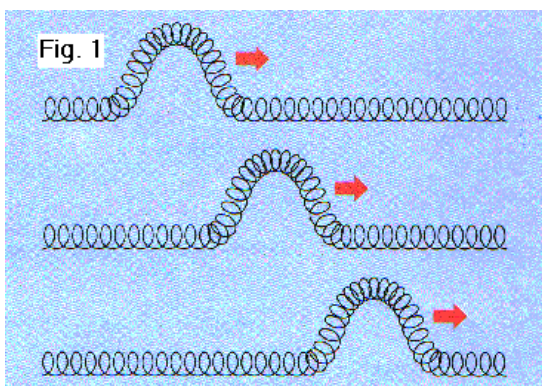
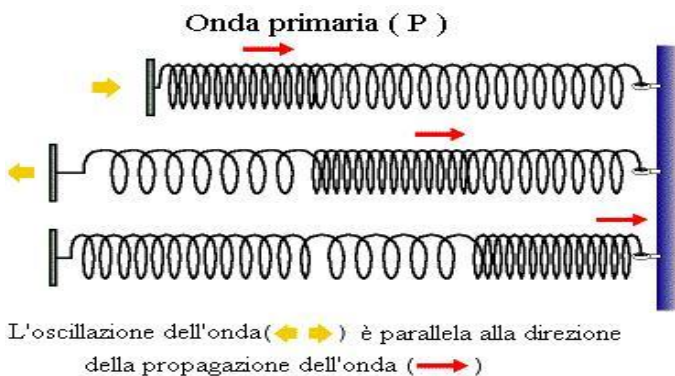
**SCOPO:** generare moti ondulatori utilizzando molle elicoidali e verificarne le caratteristiche

**INTRODUZIONE:** Si ha un'**onda longitudinale**, in un solido elastico, quando le particelle del mezzo in cui si propaga l'onda oscillano lungo la direzione di propagazione. Si parla anche di onde longitudinali nel caso delle onde di pressione in un gas, in quanto il gradiente di pressione che si determina al passaggio dell'onda è parallelo alla direzione di propagazione. Un' **onda trasversale** è un'onda in movimento che è composta di oscillazioni che avvengono perpendicolari alla direzione del trasferimento di energia. Se un'onda trasversale si muove nella direzione positiva  $x$ , le sue oscillazioni sono nelle direzioni sopra e sotto che giacciono nel piano  $y$ - $z$ . Se si fissa l'estremità di un nastro o corda e si tiene l'altra estremità nella mano, si possono creare onde trasversali muovendo la mano in su e giù. Notate che si possono creare anche *onde di lancio* muovendo la mano da un lato all'altro. Questo è un punto importante. Ci sono due direzioni indipendenti in cui il moto accade che, in questo caso, sono  $y$  e  $z$ , menzionate sopra. Inoltre, se accuratamente si muove la mano circolarmente in senso orario, si avranno *onde di lancio* che descrivono un'elica in movimento verso sinistra così come vengono via via propagate. Similmente, se si muove la mano circolarmente in senso antiorario, si formerà al contrario un'elica in movimento verso destra. Questi fenomeni di moto *simultaneo* in due direzioni vanno oltre i tipi di onde che si possono creare sulla superficie dell'acqua; in generale un'onda su una corda può essere a *due dimensioni*. Le onde a due dimensioni trasversali mostrano un fenomeno chiamato polarizzazione. Un'onda prodotta muovendo con la mano una linea, su e giù per esempio, è un'onda polarizzata linearmente, un caso speciale. Un'onda prodotta muovendo la mano circolarmente è un'onda polarizzata circolarmente, un altro caso speciale. Se il moto non è strettamente confinato in una linea o un circolo la mano potrà descrivere un'ellisse e l'onda sarà polarizzata ellitticamente.

APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|---------------|--------------|---------|
| 2         | Molle         |              |         |
|           |               |              |         |

## SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



## ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA:

- 1- Generazione di onde **longitudinali**. Comprimmo alcune spire di una molla in tensione e successivamente le rilasciamo. La compressione si sposterà lungo la molla con velocità dipendente dalla sua lunghezza e dalla sua densità; per modificarne la densità sarà sufficiente a parità di lunghezza, aumentarne la sua tensione. Con la compressione e conseguente rilascio delle spire, si genera nella molla un moto oscillatorio longitudinale che si propaga nel verso di propagazione della perturbazione.
- 2- Generazione di onde **trasversali**. Se imprimiamo alla molla una deformazione trasversale, ad una sua estremità, possiamo notare che la deformazione viaggia con una certa velocità e che viene riflessa, capovolta, quando raggiunge l'estremità opposta. L'onda che si forma ha un'oscillazione verticale al verso di propagazione ed applicando un nastro a metà della lunghezza della molla considerata, lo vedremo spostarsi verticalmente senza spostamento orizzontale. Se provochiamo una serie di deformazioni successive ed uguali nello stesso intervallo di tempo, otteniamo delle oscillazioni periodiche che ad intervalli regolari, riprendono le stesse caratteristiche di moto.



3- Sovrapposizione di onde uguali ed opposte. Produciamo delle oscillazioni contemporanee da un lato e dal lato opposto della molla in tensione: nel punto medio della lunghezza della molla le due onde si incontrano e si annullano per poi, successivamente, continuare con le stesse caratteristiche iniziali.

DATI E TABELLE:

Tab.1-

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:

CONCLUSIONI: I fenomeni ondulatori fin qui osservati evidenziano una univocità di comportamento che rende simili gli effetti che su essi hanno analoghe situazioni di studio. Il passaggio di un'onda meccanica causa nella materia una deformazione elastica: le particelle costituenti della materia perturbata subiscono una variazione della loro posizione iniziale nella quale ritornano solo quando l'ampiezza dell'onda si è azzerata. La deformazione elastica della materia provoca la trasmissione di spostamento, velocità ed energia meccanica (cinetica e potenziale elastica) alla materia adiacente.

BIBLIOGRAFIA: Wikipedia-onde meccaniche;

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 30 Meccanica – onde nell'acqua

**SCOPO:** generare moti ondulatori circolari e rettilinei per studiarne le caratteristiche e verificare la validità delle leggi sulla riflessione, rifrazione, diffrazione e interferenza delle onde - Calcolare la velocità di propagazione di un'onda circolare e dimensionare la cassa di risonanza del diapason.

INTRODUZIONE: È difficile dare una definizione generale di fenomeno ondoso, la quale da un lato abbracci tutti i casi, in cui, sotto qualche aspetto, le onde sono fisicamente rilevabili, e dall'altro sia matematicamente precisa. Quando si confrontano fra loro i varî tipi particolari di fenomeni, che alla nostra intuizione presentano un andamento ondoso, e si cerca di desumerne per astrazione una caratteristica comune, le proprietà salienti tendono a sfumare e si finisce col comprendere addirittura tutti i movimenti dinamicamente possibili. Ma, se ci si accontenta d'una indicazione d'orientamento generale, si è condotti ad assumere come caratteristica tipica d'ogni specie di onde (nelle corde o nell'acqua o nell'aria o nel suolo, ecc.) quella che già fu espressa da Leonardo con le parole seguenti: "L'impeto" cioè la propagazione della perturbazione del mezzo o, più in generale, di un qualsiasi elemento saliente "è molto più veloce che l'acqua, perché molte son le volte che l'onda fugge il locho della sua creatione, e ll'acqua non si muove di sito, a ssimilitudine delle onde fatte il maggio nelle biade dal corso de venti, che ssi vede correre l'onde per le campagne, e le biade non si mutano di lor sito" (*Del moto e misura dell'acqua*, Bologna s. a.). Precisando questa intuizione di Leonardo, si può qualificare *ondoso* il moto d'un mezzo materiale qualsiasi, quando agli spostamenti delle sue singole particelle si accompagna un moto assai più cospicuo di qualche elemento caratteristico del fenomeno, quale può essere, ad esempio, una propagazione di qualsivoglia perturbazione, o un passaggio d'energia, o, in forma più astratta, uno spostamento della superficie di separazione fra il mezzo di cui si tratta e un altro (in particolare, aria o vuoto) o anche fra due diversi regimi di moto del medesimo mezzo materiale considerato.

È in questo senso evinciamo che le onde furono introdotte nella sua teoria della luce da C. Huygens (1690), il quale, riprendendo la concezione aristotelica d'un etere riempiente lo spazio e partecipante ai fenomeni luminosi, ammette che la luce, come il suono nell'aria, consista in un movimento dell'etere. Per Huygens è questo un puro modello geometrico; ma esso gli bastò - con l'aggiunta, caso per caso, di

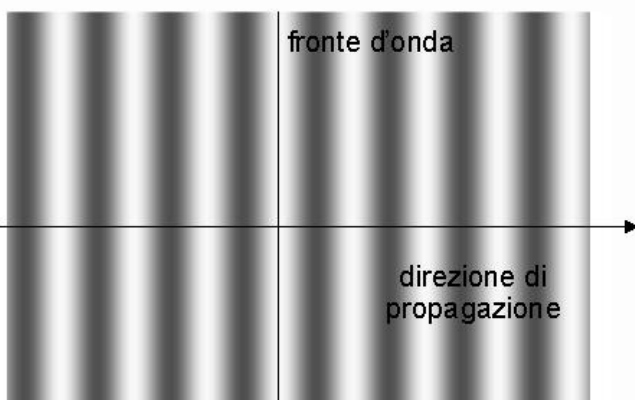
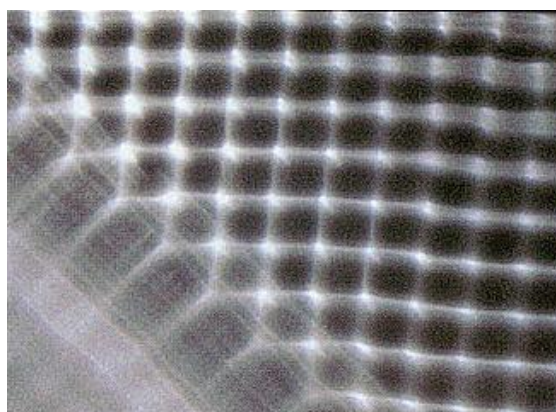
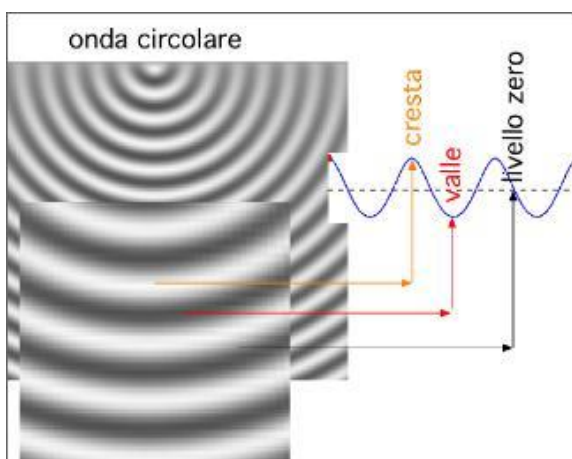
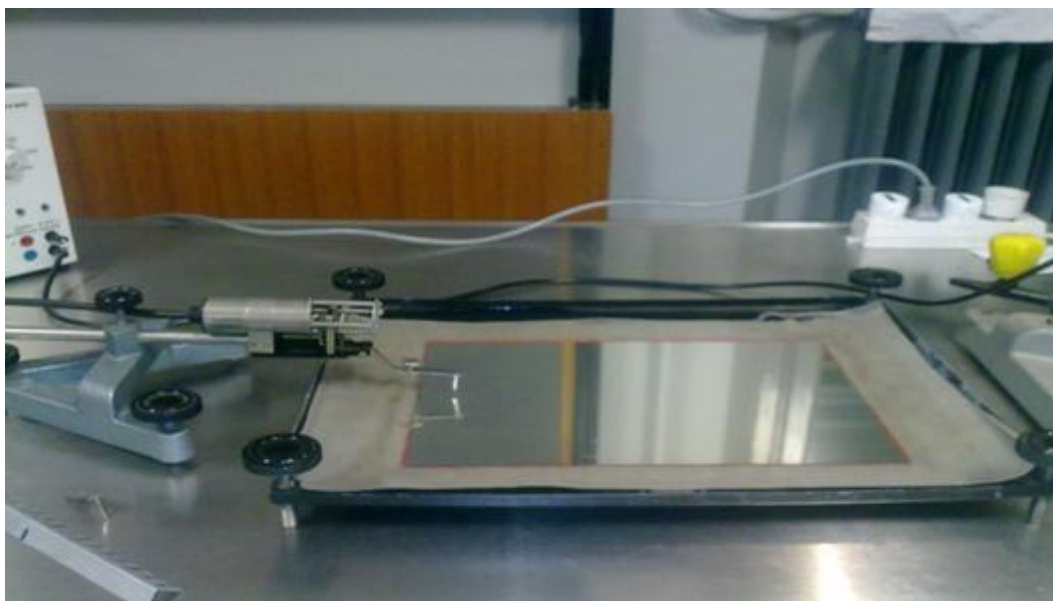
particolari ipotesi sussidiarie - a rendere conto, in modo soddisfacente se non perfetto, dei fenomeni della propagazione rettilinea, della riflessione, della rifrazione e della doppia rifrazione, da lui stesso scoperta, dello spato d'Islanda.

È ben noto che per tutto il sec. XVIII sulla teoria ondulatoria di Huygens prevalse quella emissiva o corpuscolare di Newton, fino a quando, sul principio del secolo successivo, T. Young e A. Fresnel, a includere in uno schema ondulatorio nuovi ordini di fenomeni osservati, aggiunsero alla veduta puramente geometrica di Huygens il supporto d'una teoria dinamica. D'altro canto va ricordato che la stessa ottica geometrica di Huygens trovò più tardi, per opera di W.R. Hamilton e di S. Lie, il suo sviluppo e il suo coronamento nelle trasformazioni di contatto, collegate alle cosiddette equazioni canoniche della dinamica.

#### APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE                            | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|--|--------------|---------|
| 1         | Vaschetta endoscopica                    |              |         |
| 1         | Motorino con eccentrico                  |              |         |
| 2         | Generatore puntiforme per onde circolari |              |         |
| 1         | Generatore lineare per onde rettilinee   |              |         |
| 1         | Ostacolo rettilineo l=20 cm              |              |         |
| 1         | Ostacolo rettilineo l= 8 cm              |              |         |
| 1         | Ostacolo rettilineo l= 2 cm              |              |         |
| 1         | Lastra di vetro 20x7x1 cm                |              |         |
| 1         | Stroboscopio                             |              |         |
| 1         | Specchio piano                           |              |         |
| 1         | Proiettore con lampada                   |              |         |
| 1         | Stativo e supporto per proiettore        |              |         |
| 1         | Reostato                                 |              |         |
| 1         | Schermo                                  |              |         |
| 1         | Foglio bianco 65x34 cm                   |              |         |
| 1         | Riga metrica                             | ±0,1 cm      | 50,0 cm |
| 2         | Diapason                                 |              |         |
| 1         | Martelletto                              |              |         |

SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA: per studiare i fenomeni ondulatori nei liquidi utilizziamo un ondoscopio formato da una vasca nella quale è stata posta sul fondo una superficie speculare circondata da un panno con la funzione di assorbire le onde, sorretta da una struttura plastica con piedini regolabili in modo che si possa

agire su essi e garantire l'uniformità della profondità dell'acqua, in tutti i punti della vaschetta. Un battitore posto a stretto contatto con l'acqua, permette di generare le onde circolari o rettilinee grazie al moto indotogli da un motorino elettrico, collegato ad un alimentatore di corrente, a frequenza costante e regolabile.

- 1- **Onde circolari**- Sistemato un foglio di carta sullo schermo verticale opportunamente predisposto in corrispondenza della vaschetta, abbiamo acceso la sorgente luminosa (proiettore con lampada) il cui fascio di luce incideva con una certa angolazione sullo specchio sistemato sul fondo della vaschetta. Questo fascio permetteva di individuare, nella sua condizione riflessa, le creste delle onde in quanto punti di massima intensità luminosa per l'effetto convergente che assumeva in quella posizione, la superficie dell'acqua. Al fine di ottenere un riferimento quantitativo del fenomeno osservato, abbiamo azionato uno stroboscopio, formato da un disco con una fenditura che, se fatto girare alla stessa frequenza del battitore, permette di "fermare" visivamente le onde. Per le misure di tempo utilizziamo un cronometro con comando manuale. Abbiamo trascritto sul foglio di carta bianco fissato sullo schermo, il valore della lunghezza d'onda rilevata attraverso l'osservazione dallo stroboscopio, azionato il conteggio dei giri dello stesso ed attivato il cronometro per un tempo di 60 secondi. Trascorso il tempo predeterminato (60 s) abbiamo effettuato la lettura della frequenza direttamente dallo stroboscopio e rilevato il valore di 244 Hz. Questi dati ci hanno permesso di calcolare la velocità di propagazione dell'onda. Successivamente abbiamo fatto incidere queste onde su una superficie piana e visualizzato il fenomeno di riflessione: dopo avere urtato contro la superficie inserita come ostacolo, le onde riflettenti assumevano un andamento circolare identico a quello che le aveva generate.
- 2- **Onde rettilinee**. Per ottenere questo tipo di onde, abbiamo utilizzato il generatore di onde rettilinee. In questo caso la forma del fronte d'onda è creata da segmenti paralleli a uguale distanza reciproca, con costante dimensione e si propaga lungo la direzione della retta perpendicolare alla retta del fronte d'onda.

*Riflessione*- Dopo aver generato queste onde poniamo nella vaschetta un ostacolo rettilineo da 20 cm e facciamo in modo che queste incidano con un certo angolo. Possiamo notare che tracciando ipoteticamente un piano corrispondente al piano di incidenza e la normale al piano stesso, l'angolo formato dalla direzione di propagazione dell'onda incidente e la perpendicolare al piano, è uguale all'angolo formato dalla direzione di propagazione dell'onda riflessa e la perpendicolare al piano. Abbiamo posto successivamente nella vaschetta, un ostacolo con superficie concava: le onde riflesse convergevano in un punto detto *fuoco*: utilizzando la stessa sagoma dalla parte opposta, abbiamo notato che le onde riflesse divergevano e si propagavano come se dietro l'ostacolo e sull'asse ottico vi fosse un generatore di

onde circolari.

**Rifrazione-** Collochiamo nella vaschetta una lastra di vetro e facciamo in modo che su questa vi sia uno strato d'acqua di piccolo spessore. Questo artificio ci consente di studiare il fenomeno della rifrazione come se l'onda passasse da un mezzo con densità  $x$  ad un mezzo con densità  $y$ , anche se il mezzo di propagazione è lo stesso, in quanto se ne varia lo spessore. Inviando un treno d'onde rettilineo, notiamo che nel passaggio dall'acqua più profonda all'acqua meno profonda, diminuisce la lunghezza d'onda  $\lambda$ . Dato che la frequenza rimane costante, ragionando sulla relazione  $V=f \cdot \lambda$  potremmo dire che anche la velocità di propagazione diminuisce passando da un mezzo ad un altro, perché le due grandezze  $V$  e  $\lambda$ , sono direttamente proporzionali. Dimostriamo così che la velocità di propagazione di un'onda, dipende dalle qualità del mezzo e non dalla sorgente: al variare del mezzo, da acqua più profonda ad acqua meno profonda, varia la velocità di propagazione dell'onda.

**Diffrazione- Interferenza-** Poniamo nella vaschetta a circa 10 cm di distanza dal generatore di onde rettilinee, un ostacolo liscio di 8 cm. Generiamo treni d'onda ed osserviamo il fenomeno che si evidenzia dopo l'ostacolo: notiamo che si crea una zona d'ombra ovvero uno spazio in cui l'acqua non è in moto bensì è in quiete. Disponiamo poi due ostacoli su una stessa linea parallela al fronte d'onda e distanti tra loro una dimensione prossima a quella della lunghezza d'onda. Osserviamo che le onde che transitano attraverso la fenditura, proseguono il loro moto ed in un primo momento assumono una forma circolare, cioè la fenditura si comporta come una sorgente di onde circolari. Se inseriamo un ulteriore ostacolo in modo che si costituiscano due fenditure, vediamo come il fenomeno si ripeta e che le onde generate dalle stesse interferiscono tra loro originando zone luminose più intense in cui si ha sovrapposizione di due creste con interferenza costruttiva, zone molto scure in cui vi è la sovrapposizione di due gole con interferenza distruttiva e zone meno luminose che corrispondono alla sovrapposizione di una cresta e una gola con interferenza distruttiva. L'insieme dei punti di interferenza distruttiva, forma le cosiddette linee nodali in cui non vi è perturbazione. Aumentando la frequenza notiamo che queste aumentano numericamente.

DATI E TABELLE:

Tab.1-valori corrispondenti di frequenza e lunghezza d'onda

| $f$ (Hz=1/s)                | $\lambda$ (m) | $V=f \cdot \lambda$ (m/s) |
|-----------------------------|---------------|---------------------------|
| 244 (freq.rilevata in 60 s) | 0,006         | 0,0276                    |

Calcolo della velocità di propagazione

$$V = f \cdot \lambda = \left( \frac{244}{60} \right) \cdot 0,006 = 0,0276 \text{ (m/s)}$$

3- **Onde sonore-** Consideriamo l'onda sonora come la sensazione uditiva prodotta dalle vibrazioni di un corpo sollecitato. Tale sensazione è possibile in

quanto esiste una sorgente, un mezzo di propagazione dell'onda che nel nostro caso è rappresentato dall'aria e la possibilità di rilevare il fenomeno attraverso un sistema di ricettori (orecchie). Prendiamo un diapason e lo percuotiamo con l'apposito martelletto di gomma: i due rebbi si mettono a vibrare e si avverte un suono debole. Per ottenere un rinforzo del suono del diapason la cassetta di legno su cui è montato, chiusa ad una estremità, deve avere una lunghezza pari ad  $\frac{1}{4}$  della lunghezza d'onda del suono fondamentale del diapason. Si comprende tutto ciò osservando che il sistema di onde prodotte dal diapason deve essere all'unisono con le vibrazioni della colonna d'aria contenuta nella scatola. La parete che chiude la scatola fa riflettere l'onda con cambiamento di fase, mentre le riflessioni della colonna d'aria alla estremità aperta avvengono senza cambiamento di fase, perché diffondendosi l'onda sonora in tutte le direzioni, le variazioni di pressione sono praticamente nulle. Le onde che percorrono la cassa nei due sensi devono essere tra loro in fase concordante. Tenendo conto del fatto che nella riflessione con cambiamento di fase c'è il guadagno di mezza lunghezza d'onda, se indichiamo con  $\lambda$  la lunghezza d'onda, il cammino deve contenere un numero dispari di semilunghezze d'onda.

L'onda quindi deve fare il percorso verso la parte chiusa e, dopo riflessa, fare il cammino inverso in un numero intero di semilunghezze d'onda:

$$2L = (2k+1)\lambda / 2$$

Avremo la lunghezza minima  $L=\lambda/4$  per  $k=0$ . Per la cassetta si usa il legno perché i solidi elastici trasmettono molto bene il suono.

Calcolo di  $L$  minima

$$\lambda = \frac{v}{f};$$

Tab.2-dati relativi al calcolo della lunghezza minima della cassa di risonanza

| $V (m/s)$ | $F (Hz)$ | $L (m)rilevata$ | $L(m)sperimentale$ |
|-----------|----------|-----------------|--------------------|
| 331,45    | 440      | 0,185           | 0,188              |

Assumiamo come valore della velocità di propagazione dell'onda sonora, il valore riportato dai testi di 331,45 m/s, e come valore della frequenza, quello indicato sui rebbi del diapason (440 Hz).

$$\lambda = \frac{331,45}{440} = 0,753 \text{ m}$$

$$L = \frac{\lambda}{4} = \frac{0,753}{4} = 0,188 \text{ m}$$

Da rilevamento diretto della lunghezza della cassa di risonanza del diapason, riscontriamo un valore di  $18,5 \text{ cm} \pm 0,1$  (rilevamento effettuato tramite una riga metrica), quindi possiamo affermare che la cassa di risonanza è stata dimensionata in modo adeguato.

Supponiamo di avere due corpi che vibrano simultaneamente, i cui suoni si possano rappresentare con onde sinusoidali con la stessa frequenza e la stessa ampiezza. Queste due onde possono sovrapporsi in diverse maniere: in fase (interferenza costruttiva), in opposizione di fase (interferenza distruttiva), o in una via di mezzo. Essendo il suono risultante la somma dei due suoni, nel primo caso questo sarà identico ai primi due, ma di ampiezza doppia (le creste si sommano e le valli si sommano); nel secondo caso non si avrà alcun suono risultante (le creste e le valli si compensano in ogni punto annullandosi tra di loro); nel terzo si avrà un suono di intensità intermedia, a seconda di quanto è lo sfasamento tra i due suoni iniziali. Naturalmente, avendo i due suoni la stessa frequenza, lo sfasamento sarà costante nel tempo: se ad esempio la prima cresta del primo suono è perfettamente sovrapposta alla prima cresta del secondo, lo stesso avverrà per le seconde creste, per le terze e così via (analogamente nel caso di sfasamento arbitrario).

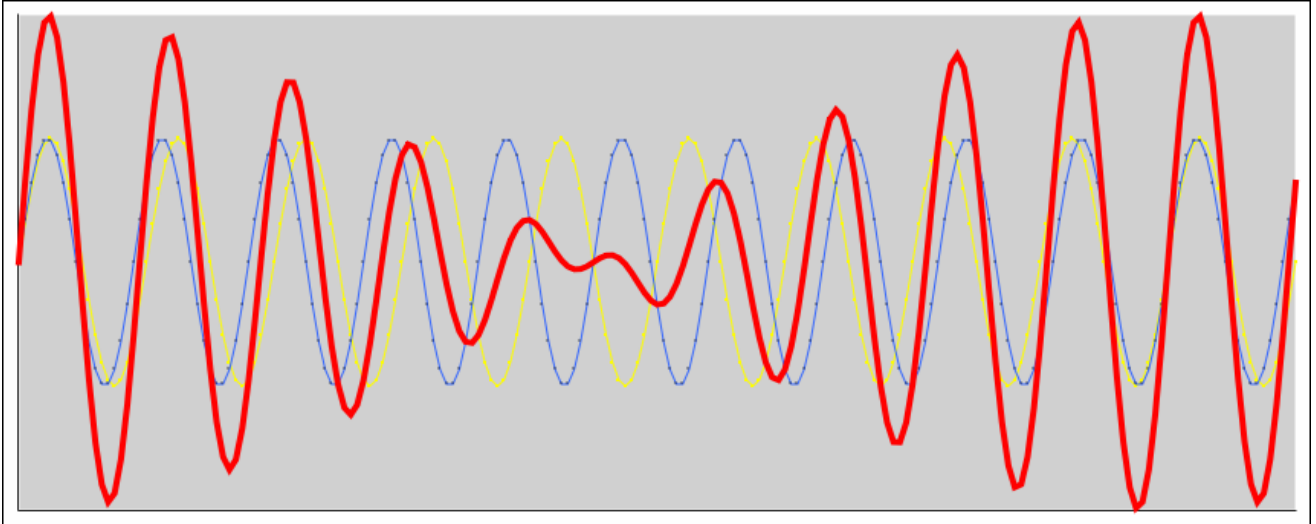
Ipotesizzando ora che le due frequenze non siano proprio identiche, ma che ci sia una piccola differenza tra di esse, lo sfasamento questa volta non sarà più costante, ma varierà nel tempo: se ad esempio le prime creste dei due suoni coincidevano perfettamente (l'intensità totale quindi era il doppio), le seconde non saranno perfettamente sovrapposte, perché una arriverà un po' prima dell'altra; per le terze creste questa differenza di fase sarà ancora più marcata e così via, fino a quando la cresta del primo suono non sarà sovrapposta a una valle del secondo: i due suoni sono passati in opposizione di fase e l'intensità totale è zero. Procedendo ancora in maniera analoga, dopo un certo numero di periodi (dipendente dalla differenza relativa tra le due frequenze iniziali) i due suoni ritorneranno in fase. In altri termini si hanno battimenti quando lo sfasamento (e quindi il tipo di interferenza) tra due suoni di frequenze simili varia nel tempo.



GRAFICI:



## 1-battimenti



**CONCLUSIONI:** I fenomeni ondulatori fin qui osservati evidenziano una univocità di comportamento che rende simili gli effetti che su essi hanno analoghe situazioni di studio. A questo proposito osserviamo come per le onde generate in un liquido valgano le stesse regole di deviazione dal loro percorso attraverso la riflessione, rifrazione, diffrazione, interferenza che valgono, generalmente, per qualsiasi tipo di moto ondulatorio considerato.

**BIBLIOGRAFIA:** Treccani-onde; Wikipedia-battimenti;Mauro Graziani-dispense;

## 31 Termodinamica – Taratura di un termoscopio

**SCOPO:** strutturare una scala opportuna per un termoscopio da laboratorio

**INTRODUZIONE:** il termoscopio è un dispositivo atto a dare indicazioni sullo stato termico di un corpo, ma non a misurarne la temperatura. Con tale termine si indicarono anche i primi dispositivi termometrici, tra i quali molto usato fu quello ideato da S. Santorio nel 1625. In questo, la dilatazione termica dell'aria racchiusa in un palloncino di vetro provocava lo spostamento del liquido contenuto in un cannello comunicante con il palloncino; lo strumento risultava sensibile anche alle variazioni della pressione atmosferica e venne perciò poi detto anche termobaroscopio. Dal 3 aprile 2009 nei Paesi dell'Unione Europea non è più consentito fabbricare e vendere *termoscopi o termometri a mercurio* destinati al pubblico. Il mercurio è un metallo altamente tossico che diviene pericoloso quando fuoriesce dal termometro ed è per questo che i vecchi termometri non vanno dispersi nell'ambiente. In Italia e in molti altri Paesi il valore della misura che si ottiene con i termometri è determinato in base alla *scala termometrica* chiamata **scala Celsius**, poiché fu ideata nel 1742 dal fisico e astronomo svedese A. Celsius. La scala termometrica centigrada di Celsius può essere prolungata anche sopra e sotto le due tacche di riferimento; la suddivisione della scala rimane sempre uguale a patto che il liquido utilizzato nel termometro, a queste temperature più alte o più basse, mantenga le proprie caratteristiche. Per esempio, con il mercurio si possono rilevare temperature comprese tra 35 °C e 350 °C, e con l'alcol temperature comprese nell'intervallo tra 110 °C e 78 °C.

Come si deduce dalla procedura seguita da Celsius, la costruzione di una scala termometrica deve passare attraverso l'individuazione di due sistemi di riferimento, facilmente riproducibili, caratterizzati ciascuno da una temperatura precisa e costante alla quale viene assegnato un valore arbitrario.

In molti Paesi anglosassoni è ancora in uso la scala termometrica ideata nel 1724 dal fisico tedesco Daniel Gabriel Fahrenheit. I sistemi di riferimento scelti per la costruzione della scala Fahrenheit sono diversi da quelli di Celsius e quindi le due scale termometriche sono diverse.

Il valore della temperatura dell'aria in una tiepida giornata primaverile può essere espresso nei seguenti due modi:

$$t = 25 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$T = 298 \text{ K}$$

Questa seconda espressione fa riferimento alla cosiddetta *temperatura assoluta*: questa è una grandezza fondamentale del Sistema Internazionale, viene indicata con il simbolo **T** e ha come unità di misura il **kelvin (K)**, in onore del suo ideatore, William

Thomson, lo scienziato britannico più noto come Lord Kelvin. Se si esprimono le temperature nella scala Kelvin, il simbolo grado (°) non deve essere usato; l'espressione 298 K viene letta «duecentonovantotto kelvin».

La **scala Kelvin** ha la caratteristica di non presentare valori negativi e infatti la scala inizia dal cosiddetto *zero assoluto*. In questa scala la temperatura di fusione del ghiaccio vale 273 K e la temperatura di ebollizione dell'acqua distillata è di 373 K. In base a questi dati si può capire che nella scala Kelvin la variazione di una unità di temperatura (1 K) corrisponde esattamente alla variazione di 1 °C e pertanto è piuttosto facile convertire un valore di temperatura da una scala all'altra. Per convertire in kelvin i valori di temperatura letti sulla scala Celsius si usa la seguente relazione: **temperatura (kelvin) = temperatura (Celsius) +273**

La scala assoluta delle temperature, o scala Kelvin, presentata nel 1848, si differenzia dalle altre scale termometriche perché nasce in modo nettamente diverso: essa infatti è definita indipendentemente da qualsiasi sostanza termometrica, cioè non si basa sulla attribuzione di due valori arbitrari di temperatura a due punti fissi e riproducibili di un sistema.

APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE                 | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|-------------------------------|--------------|---------|
| 1         | Termoscopio senza scala       |              |         |
| 1         | Beker                         |              |         |
| 1         | Fornellino elettrico          |              |         |
| 1         | Carta millimetrata            |              |         |
| 1         | Anelli per indici termoscopio |              |         |
| 1         | Ghiaccio                      |              |         |

SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA: tritare il ghiaccio e metterlo nel beker al 50% con acqua. Inserire i due anelli indice lungo il termoscopio ed immergerlo per alcuni minuti nella soluzione ottenuta. Spostare l'anello inferiore ad indicare l'altezza raggiunta dalla colonna del fluido di contrasto all'interno del termoscopio appena raggiunta la massima staticità. Porre il beker sul fornellino elettrico e portare l'acqua ad ebollizione usando il termoscopio come agitatore. Quando il liquido all'interno

avrà raggiunto la massima altezza e la massima staticità, spostare l'anello esterno in corrispondenza di questo valore indicato. Togliere il termoscopio e posizionarlo sulla striscia di carta millimetrata avendo cura di segnare il riferimento dato dalla posizione dei due anelli. Frazionare la distanza tra i due rilevamenti a piacere e costruire una scala termometrica personalizzata. Verificare la validità del termometro così tarato con uno strumento usato come riferimento.

DATI E TABELLE:

Tab.1-

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  |  |
|  |  |  |

ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:

CONCLUSIONI: I termoscopi più comuni sfruttano il fenomeno della **dilatazione termica**, cioè il fatto che in generale tutti i corpi si dilatano (aumentano il proprio volume) quando la loro temperatura aumenta e, viceversa, si contraggono (diminuiscono il proprio volume) quando la loro temperatura diminuisce. Attraverso l'esperienza di Laboratorio siamo riusciti a costruire una scala termometrica personalizzata indicando valori diversi per inizio e fine scala.

BIBLIOGRAFIA: Zanichelli.it; Wikipedia-termoscopio

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 32 Termodinamica – *Esperienza di Loke*

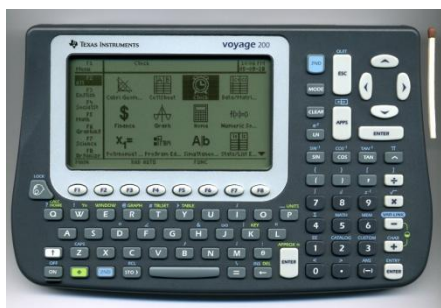
**SCOPO:** effettuare esperienze in cui si manipolano oggetti e si confrontano le sensazioni termiche con le misure fornite dai rilevatori di temperatura

**INTRODUZIONE:** Il calore è una necessità primordiale della vita e sulla Terra tutti gli esseri viventi ne hanno bisogno. L'uomo ha imparato a sfruttarlo nel corso dei millenni come una forma di energia molto versatile, che si può trasformare in lavoro meccanico o elettricità per il benessere di tutti. Fin dai tempi degli antichi filosofi greci, per secoli si è dibattuto sulla natura del calore prima di arrivare a comprendere che è energia termica; ancora oggi, nel linguaggio comune, si fa confusione tra calore e temperatura. D'inverno, quando siamo infreddoliti, per sentirci meglio cerchiamo una fonte di calore: se siamo in casa ci stringiamo ai termosifoni dell'impianto di riscaldamento; se siamo in strada cerchiamo di esporci ai raggi del Sole, la principale fonte di calore naturale. In piena estate, invece, soffriamo per il caldo eccessivo e ascoltiamo con disappunto i bollettini meteorologici che annunciano l'arrivo di 'ondate di caldo', invitando i bambini e gli anziani a non uscire nelle ore più soleggiate. Ecco quindi che il calore può essere una questione di benessere o di sofferenza, addirittura di vita o di morte. Nel linguaggio comune calore e temperatura sono usati come sinonimi: infatti diciamo che è 'caldo' quando la temperatura è elevata. Dobbiamo, però, stare attenti a non fare confusione: per la fisica temperatura e calore sono grandezze diverse. Dal momento che temperatura e calore sono grandezze diverse, per misurarle si usano unità differenti. La temperatura si misura in gradi, il calore in calorie. Una caloria è la quantità di calore che si deve fornire a 1 g di acqua per aumentare di 1 grado la sua temperatura. Lo scopo di questa prova di Laboratorio è portare lo sperimentatore alla consapevolezza che le sensazioni di caldo e freddo rilevate dai nostri sensi non dipendono soltanto dalla temperatura degli oggetti ma anche dalla temperatura iniziale del nostro corpo.

## APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE                 | SENSIBILITA' | PORTATA    |
|-----------|-------------------------------|--------------|------------|
| 3         | Beker                         |              |            |
| 1         | Fornellino elettrico          |              |            |
| 3         | Sonde sensori                 | 0,2°C        | -40 +135°C |
| 1         | Calcolatrice Texas Voyage 200 |              |            |
| 1         | CBL 2                         |              |            |
|           | Acqua                         |              |            |
|           | Ghiaccio                      |              |            |
| 1         | Pentolino                     |              |            |

## SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



**ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA:** Predisporre il collegamento dei sensori e relativo CBL alla calcolatrice ed utilizzare il programma PHYSICS con indicazione di rilevamento della temperatura in funzione del tempo. Inserire nel pentolino posto sul fornello elettrico una massa d'acqua predeterminata e riscaldarla a temperatura di circa 50°C. Porre nei beker a disposizione masse adeguate di acqua a diverse temperature (ad es. 50°C, prossima a 0°C, temperatura ambiente) utilizzando il ghiaccio a disposizione e l'acqua posta sul fornellino. L'operatore immerge il dito di una mano nell'acqua calda e quello dell'altra mano nell'acqua fredda per circa un minuto. Successivamente si immergono entrambi in acqua a temperatura ambiente. Si riproduce l'esperimento con le sonde di temperatura. Si rileva inizialmente la temperatura corrispondente ad ognuno dei beker considerati utilizzando i diversi sensori a disposizione e si avvia l'acquisizione dei dati. Dopo circa 80 secondi, si immergono le due sonde inserite nei contenitori di acqua calda e fredda nel beker con acqua a temperatura ambiente e si lasciano tutte e tre per un tempo necessario per raggiungere l'equilibrio termico. Si rilevano i dati e si inseriscono nella tabella sotto riportata.

## DATI E TABELLE:

Tab.1- valori corrispondenti alla temperatura e tempo

| Tempo (s)                    | 0    | 20   | 40   | 60   | 80   | 85   | 90   | 95   | 100  | 105   | 110  |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
| T(°C) acqua calda            | 48,5 | 48,2 | 48,0 | 47,9 | 47,8 | 26,8 | 21,3 | 20,2 | 19,7 | 19,4  | 19,4 |
| T(°C) acqua temper. ambiente | 19,4 | 19,4 | 19,4 | 19,4 | 19,4 | 19,3 | 19,4 | 19,4 | 19,4 | 19,4  | 19,3 |
| T(°C) acqua fredda           | 2,6  | 2,4  | 2,4  | 2,2  | 2,2  | 14,4 | 17,5 | 18,4 | 18,9 | 19,04 | 19,0 |

**CONCLUSIONI:** La prima parte della sperimentazione di Laboratorio riguardava le sensazioni fisiologiche legate alla sensibilità dell'operatore nel rilevare le diverse temperature del fluido considerato. Nella seconda parte abbiamo evidenziato come le due masse di acqua calda e fredda raggiungano dopo un certo periodo l'equilibrio termico.

**BIBLIOGRAFIA:** Wikipedia-esperimento di Loke

## 33 Termodinamica – Propagazione del calore

**SCOPO:** verificare in quale modo avvenga la propagazione del calore

**INTRODUZIONE:** In fisica, in particolare in termodinamica, il **calore** è definito come il contributo di energia consumata o generata a seguito di una reazione chimica o nucleare o trasferita tra due sistemi o tra due parti dello stesso sistema, non imputabile ad un lavoro o ad una conversione tra due differenti tipi di energia.

Durante la prima metà del Settecento gli studiosi ricorrevano alla sostanza elementare denominata flogisto per spiegare il riscaldamento di alcuni materiali e la combustione. Negli anni successivi i fenomeni termici vennero ricondotti alla teoria secondo la quale il calore era un fluido non visibile, che entrando dentro la materia di un corpo poteva aumentarne la temperatura. Nonostante gli studi seicenteschi di Boyle sulla relazione tra il moto delle particelle e il calore, solamente verso metà del XIX secolo si gettarono le basi della termodinamica, grazie agli studi di Mayer (1842) e Joule (1843), riguardanti la quantità di calore e il lavoro necessario per ottenerlo. Gli effetti del passaggio di calore sono descritti dal primo principio della termodinamica nella sua forma più generale:

$$\Delta E = Q - W$$

dove  $\Delta E$  indica una variazione di qualsiasi forma di energia (ad esempio energia interna, cinetica, potenziale),  $Q$  indica il calore e  $W$  indica il lavoro (per variazione di volume o isocoro). Le conseguenze del passaggio di calore possono quindi essere principalmente di due tipi: variazione di energia o scambio di lavoro. Una particolare forma di energia che può essere modificata a seguito del passaggio di calore è l'energia interna; la variazione di energia interna può avere diverse conseguenze, tra cui una variazione di temperatura o un cambiamento di stato di aggregazione. Se il trasferimento di calore ha come conseguenza un cambiamento di stato di aggregazione, tale calore prende il nome di **calore latente**, mentre se il trasferimento di calore ha come conseguenza una diminuzione della differenza di temperatura (in quanto i due sistemi o le due parti dello stesso sistema tendono a raggiungere l'equilibrio termico) si parla di **calore sensibile**. Infine nel caso in cui il trasferimento di calore comporti sia una diminuzione della differenza di temperatura sia un cambiamento di fase, tale calore può essere pensato come la somma di due contributi: un contributo relativo al calore sensibile e un contributo relativo al calore latente. Ad esempio l'aumento di temperatura dell'acqua da 20 °C



a 50 °C in condizioni standard (cioè alla pressione di 1 atm ) è determinato dal fatto che ad essa è fornito calore sensibile, mentre, se l'acqua ha già raggiunto la temperatura d'ebollizione, essa immagazzina energia (sotto forma di calore latente), mantenendo la propria temperatura invariata, fino a quando non avviene il cambiamento di fase da liquido a vapore. Per tale motivo, un getto di vapore acqueo a 100 °C, avendo immagazzinato energia durante il passaggio di stato, può provocare ustioni più gravi dell'acqua allo stato liquido alla medesima temperatura. Si parla inoltre di "calore di reazione" quando il calore viene consumato o generato da una reazione chimica. Il calore è energia in transito. In presenza di un gradiente di temperatura, il calore fluisce dai punti a temperatura maggiore a quelli a temperatura minore, finché non viene raggiunto l'equilibrio termico. In quanto energia, il calore si misura nel sistema Internazionale in joule. Nella pratica viene tuttavia ancora spesso usata come unità di misura la caloria, che è definita come la quantità di calore necessaria a portare la temperatura di un grammo di acqua distillata, sottoposta alla pressione di 1 atm, da 14,5 °C a 15,5 °C. A volte si utilizzano anche unità a carattere meramente tecnico, quali kW h o BTU.

Alcune equivalenze:

|                      | 1 kJ                   | 1 kWh                  | 1 kcal                 | 1 BTU <sup>[2]</sup>   | 1 kg <sub>p</sub> ·m |
|----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|
| 1 kJ                 | 1                      | $2,778 \times 10^{-4}$ | 0,2388                 | 0,9478                 | $1,020 \times 10^2$  |
| 1 kWh                | 3600                   | 1                      | 859,8                  | 3412                   | $3,671 \times 10^5$  |
| 1 kcal               | 4,187                  | $1,163 \times 10^{-3}$ | 1                      | 3,968                  | $4,269 \times 10^2$  |
| 1 BTU <sup>[3]</sup> | 1,055                  | $2,941 \times 10^{-4}$ | 0,2519                 | 1                      | $1,076 \times 10^2$  |
| 1 kg <sub>p</sub> ·m | $9,807 \times 10^{-3}$ | $2,721 \times 10^{-6}$ | $2,342 \times 10^{-3}$ | $9,295 \times 10^{-3}$ | 1                    |

Il trasferimento (o scambio o propagazione) del calore tra sistemi può avvenire in tre modi:

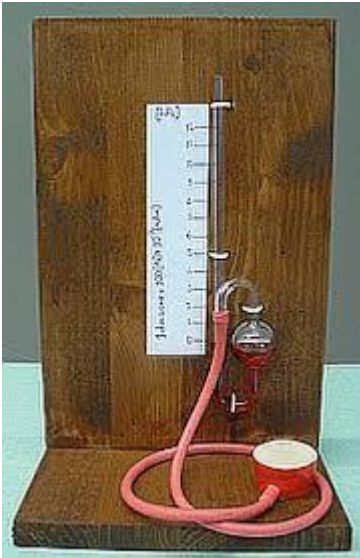
- per conduzione: in uno stesso corpo o fra corpi a contatto si ha una trasmissione, per urti, di energia cinetica tra le molecole appartenenti a zone limitrofe del materiale. Nella conduzione viene trasferita energia *attraverso la materia*, ma senza movimento macroscopico di quest'ultima;

- per convezione: in un fluido in movimento, porzioni del fluido possono scaldarsi o raffreddarsi per conduzione venendo a contatto con superfici esterne e poi, nel corso del loro moto (spesso a carattere turbolento), trasferire (sempre per conduzione) l'energia acquistata ad altre superfici, dando così luogo ad un trasferimento di calore per avvezione. In un campo gravitazionale quale quello terrestre (associato alla forza peso), tale modalità di trasferimento di calore, detta convezione libera, è dovuta al *naturale* prodursi di correnti calde verso l'alto e fredde verso il basso, dovute a diversità di temperatura e quindi di densità delle regioni di fluido coinvolte nel fenomeno, rispetto a quelle del fluido circostante;
- per irraggiamento: tra due sistemi la trasmissione di calore può avvenire a distanza (anche nel vuoto), per emissione propagazione e assorbimento di onde elettromagnetiche: anche in questo caso il corpo a temperatura inferiore si riscalda e quello a temperatura superiore si raffredda.<sup>[4]</sup> Il meccanismo dell'irraggiamento non richiede il contatto fisico tra i corpi coinvolti nel processo. Nella pratica tecnica e nell'impiantistica in genere lo scambio di calore senza mescolamento tra fluidi diversi avviene in dispositivi appositamente progettati, chiamati appunto scambiatori di calore.

#### APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE                 | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|-------------------------------|--------------|---------|
| 1         | Fornellino elettrico          |              |         |
| 1         | Asta metallica conduttrice    |              |         |
| 1         | Asta vetro                    |              |         |
| 6         | Sfere colorate di plastica    |              |         |
|           | Plastilina                    |              |         |
| 1         | Tubo per moti convettivi      |              |         |
| 1         | Apparato di sostegno per tubo |              |         |
| 1         | Capsula manometrica           |              |         |
| 1         | Proiettore                    |              |         |
| 1         | Tubo ad U                     |              |         |

#### SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



#### ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA:

- 1- *Conduzione*. Si usino due aste di materiale diverso (metallo, vetro) e si appendano ad esse tre palline di plastica colorata a distanze predeterminate ed uguali sia nell'una che nell'altra a mezzo adeguata plastilina. Si pongano le due aste sul fornello e lo si attivi. Il calore sviluppato da questo passerà alle aste attraverso il contatto, e le sfere di plastica cadranno in tempi diversi a seconda della distanza dalla sorgente di calore e dalla conduzione termica dell'asta di riferimento.
- 2- *Convezione*. Utilizzare il tubo di vetro ed inserirvi acqua fino al suo riempimento. Fissarlo all'apparato di sostegno ed inserirvi un piccola quantità di permanganato di potassio usato come colorante della soluzione. Riscaldare una porzione del tubo ed osservare l'insorgenza di moti convettivi evidenziata dal trasferimento del pigmento inserito.
- 3- *Irraggiamento*. Si colleghi la capsula manometrica al "tubo ad U" graduato dentro al quale abbiamo posto un liquido e la si faccia irraggiare da un fascio di luce proveniente dal proiettore. All'aumento del riscaldamento della capsula manometrica dovuto all'irraggiamento, si riscaldere anche l'aria contenuta in essa ed aumenterà di volume.

Questo aumento di volume determinerà una compressione del liquido presente nel tubo ad U e tale liquido si posizionerà in maniera difforme rispetto a quella iniziale evidenziando che sul sistema è intervenuta una entità che l'ha modificato.

DATI E TABELLE:

Tab.1-

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  |  |
|  |  |  |

ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:

CONCLUSIONI: abbiamo notato attraverso l'esperimento svolto che il calore si trasmette in modalità diverse. Analizzandole possiamo affermare che nel caso della conduzione, esistano materiali più conduttori di altri; nella convezione l'acqua pigmentata con permanganato di potassio sale nel tubo trasportando materia da una condizione di densità maggiore ad una di densità minore perché riscaldata; nell'irraggiamento abbiamo osservato come il calore si possa trasmettere anche senza mezzo di trasporto.

BIBLIOGRAFIA: Wikipedia-termologia, propagazione del calore

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 34 Termodinamica – Energia termica

**SCOPO:** individuare quale proporzionalità esista tra l'energia fornita in modalità termica, la massa di una certa sostanza presa in esame ed il tempo impiegato per un determinato salto termico

**INTRODUZIONE:** I fenomeni fisici di trasporto di calore e di massa sono molto frequenti e importanti nella vita di tutti i giorni e in gran parte delle tecnologie applicate. Dalla pentola sul fuoco al controllo della temperatura e dell'umidità relativa dell'aria per vivere più confortevolmente, dal principio di funzionamento di un forno al flusso di acqua in una tubazione, dall'essiccazione alla surgelazione di un prodotto: tutti questi processi si basano su flussi di calore o di massa.

Conoscerli significa imparare a governarli e governarli significa potere registrare significativi miglioramenti della qualità della vita nel momento in cui l'applicazione di criteri procedurali, consente, attraverso l'adeguamento di opportune tecnologie, di sfruttare le conoscenze scientifiche per un utilizzo vantaggioso di tali processi.

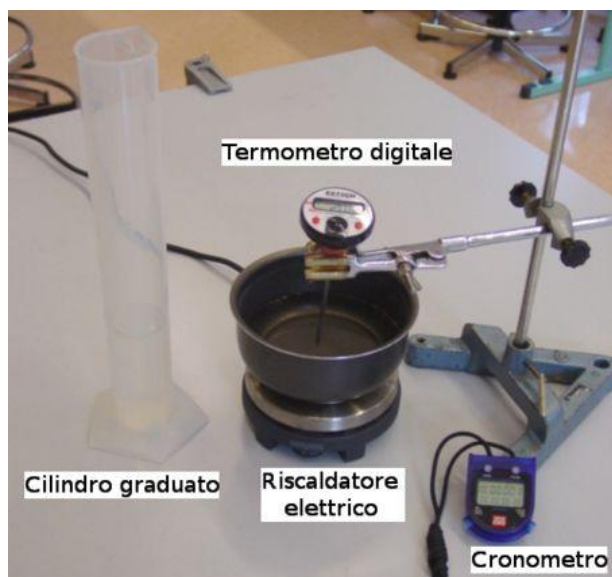
Il calore è una forma di energia in transito.

Ricordiamo che in fisica si definisce **energia** l'attitudine di un sistema a compiere del lavoro. In questa esperienza assumiamo che il fornello elettrico utilizzato, eroghi una potenza costante (non si varia la posizione della manopola di regolazione della temperatura durante il suo funzionamento).

**APPARATO SPERIMENTALE:**

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE                 | SENSIBILITA' | PORTATA   |
|-----------|-------------------------------|--------------|-----------|
| 1         | Fornellino elettrico          |              |           |
| 1         | Asta metallica                |              |           |
| 1         | Stativo                       |              |           |
| 1         | Pinza per termometro          |              |           |
| 1         | Cilindro graduato             |              |           |
| 1         | Pentolino                     |              |           |
| 1         | Apparato di sostegno per tubo |              |           |
|           | Acqua distillata              |              |           |
| 1         | Termometro                    | 0,1 °C       | -10+110°C |
| 1         | Cronometro                    | 0,2 s        | 3600 s    |

## SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA: versare nel pentolino 100 g di acqua distillata e posizionarlo sopra il fornellino elettrico. Inserire il termometro in sospensione avendo cura che non tocchi il fondo del contenitore.

- 1- Rilevare la temperatura iniziale e predisporre teoricamente un salto termico di qualche °C. Attivare il fornellino e rilevare il tempo necessario per ottenere il salto termico desiderato.
- 2- Ripetere la prova con una massa maggiore ad es. 150 g , 200 g e 250 g. Rilevare come in precedenza i tempi relativi allo stesso salto termico.
- 3- Utilizzare una sostanza diversa ed effettuare la stessa prova sperimentale.

## DATI E TABELLE:

Tab.1- relazione massa-tempo-temperatura

| Massa (g) | tempo (s) | Temperatura (°C)              |
|-----------|-----------|-------------------------------|
| M1        | t1        | $\Delta T_1 = ^\circ\text{C}$ |
| M2        | t2        | $\Delta T_2 = ^\circ\text{C}$ |
| M3        | t3        | $\Delta T_3 = ^\circ\text{C}$ |

## ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:

CONCLUSIONI: dai dati raccolti abbiamo potuto rilevare che esiste una relazione tra la massa di un corpo, la temperatura che raggiunge somministrando energia in modalità termica (in determinate condizioni sperimentali) ed il tempo relativo al salto termico predefinito.

BIBLIOGRAFIA: Wikipedia-termologia, propagazione del calore

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 35 Termodinamica – Dilatazione termica lineare (collettiva)

**SCOPO:** osservare il fenomeno della dilatazione termica lineare attraverso una sperimentazione dimostrativa, collettiva, condotta da banco

**INTRODUZIONE:** Il fenomeno della dilatazione termica lineare, caratteristico di tutti i corpi solidi, consiste nell'allungamento di una sbarretta del materiale in esame dovuto all'aumento della temperatura. Per tutti i solidi la dilatazione termica è espressa da una legge, secondo la quale se  $l_0$  è la lunghezza della sbarretta alla temperatura  $t = 0\text{ }^\circ\text{C}$ , la lunghezza  $l$  alla generica temperatura  $t$  sarà data dalla relazione:

$$l = l_0(1 + \lambda t)$$

dove  $\lambda$  è detto **coefficiente di dilatazione lineare**. Su questa legge si basano i termometri a dilatazione dei metalli. Per avere un'idea della dilatazione dei materiali, si pensi che una sbarra lunga 1 m di un qualsiasi materiale si allunga di circa 1 mm se la sua temperatura aumenta di  $100\text{ }^\circ\text{C}$ . Più in generale, un corpo solido o un fluido contenuto in un volume  $V$  si dilatano in tutte le direzioni, secondo una legge, detta di **dilatazione volumica**, che interessa l'intero volume del corpo, analoga alla precedente. Se  $V_0$  è il volume del corpo alla temperatura  $t = 0\text{ }^\circ\text{C}$ , il volume  $V$  alla temperatura generica  $t$  segue la legge:

$$V = V_0(1 + \alpha t)$$

dove  $\alpha$  è detto **coefficiente di dilatazione cubica**; per i corpi solidi  $\alpha = 3\lambda$ . Nel caso di un corpo come quello considerato precedentemente, ovvero una sbarra, la dilatazione volumica si ritiene trascurabile rispetto a quella lineare, perché le dimensioni di spessore e larghezza sono trascurabili rispetto alla lunghezza.

I liquidi hanno coefficienti di dilatazione molto maggiori di quelli dei solidi. I gas a pressione costante (in questo caso occorre aggiungere questa precisazione, poiché il

volume di un gas dipende anche dalla pressione a cui è sottoposto) sono soggetti alla stessa legge di dilatazione degli altri corpi.

### Coefficienti di dilatazione di alcuni materiali, solidi e liquidi

| coefficienti di dilatazione<br>lineare |                    | coefficienti di dilatazione<br>cubica |                      |
|--|--------------------|---------------------------------------|----------------------|
| SOSTANZA                               | $\lambda (K^{-1})$ | SOSTANZA                              | $\alpha (K^{-1})$    |
| alluminio                              | $23 \cdot 10^{-6}$ | etanolo                               | $1,12 \cdot 10^{-3}$ |
| ferro                                  | $12 \cdot 10^{-6}$ | mercurio                              | $0,18 \cdot 10^{-3}$ |
| piombo                                 | $29 \cdot 10^{-6}$ | glicerina                             | $0,53 \cdot 10^{-3}$ |
| vetro                                  | $9 \cdot 10^{-6}$  |                                       |                      |

#### APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE                 | SENSIBILITA' | PORTATA   |
|-----------|-------------------------------|--------------|-----------|
| 1         | Fornellino elettrico          |              |           |
| 1         | Matraccio per produrre vapore |              |           |
| 1         | Provini metallici forati      |              |           |
| 1         | Specchio graduato             |              |           |
| 1         | Spessore di legno             |              |           |
| 1         | Lametta con indice            |              |           |
| 1         | Apparato di sostegno per tubo |              |           |
| 1         | Beker                         |              |           |
| 1         | Sostegno per specchio         |              |           |
| 1         | Termometro                    | 0,1 °C       | -10+120°C |

#### SCHEMA DELL'APPARATO USATO:





ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA: sistemare il matraccio con una piccola quantità di acqua sul fornellino elettrico e chiuderlo col suo coperchio apposito. Collegare il tubo di gomma di cui è dotato il coperchio, ad una estremità del provino metallico che termina con altro tubo dal quale fuoriescono i vapori e liquidi condensati opportunamente raccolti nel beker. Fissare il provino ad un sistema di sostegno e di bloccaggio in modo che gli allungamenti eventuali si sviluppino in un solo verso. Approntare la lametta con indice sopra lo spessore di legno e posizionarla sotto il tubo di cui vogliamo determinare l'allungamento; sistemare la scala graduata e rilevare il riferimento iniziale segnalato dall'indice. Rilevare la temperatura iniziale  $t_0$ . Collegare il fornellino elettrico alla presa di corrente ed azionarlo; attendere qualche minuto affinché si raggiunga la temperatura di ebollizione. Il riscaldamento del provino dovuto al passaggio di vapore acqueo all'interno della sua cavità, produce un allungamento dello stesso che viene evidenziato dallo spostamento della lametta solidale all'indice della scala graduata. Conoscendo la lunghezza dell'indice, il suo spostamento rispetto alla posizione iniziale e l'altezza della lametta sotto il tubo, applicando i criteri di similitudine dei triangoli, si può ricavare l'allungamento reale del provino considerato.

#### DATI E TABELLE:

Tab.1- dati relativi a provino di alluminio

| h lametta (mm) | H indice (mm) | $L_0$ (mm) | $L_f$ (mm) | $\Delta L$ (mm) | $t_0$ (°C) | $T_f$ (°C) | $\Delta t$ (°C) |
|----------------|---------------|------------|------------|-----------------|------------|------------|-----------------|
| 8,3            | 139,0         | 500,00     | 500,89     | 0,89            | 19,0       | 100,0      | 81,0            |
|                |               |            |            |                 |            |            |                 |

#### ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:

$$\lambda = \frac{\Delta L}{L^0 \Delta T} = \frac{0,89}{50 \cdot 81} = 2,197 \cdot 10^{-4}$$

CONCLUSIONI: abbiamo verificato la corrispondenza tra il valore del coefficiente di dilatazione termica lineare del provino da noi testato ed i valori riportati dalla ordinaria letteratura scientifica.

BIBLIOGRAFIA: Sapere.it

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 36 Termodinamica – Dilatazione termica lineare (per gruppi)

**SCOPO: determinare il coefficiente di dilatazione termica lineare di un cilindretto di metallo**

**INTRODUZIONE:** Il fenomeno della dilatazione termica lineare, caratteristico di tutti i corpi solidi, consiste nell'allungamento di una sbarretta del materiale in esame dovuto all'aumento della temperatura. Per tutti i solidi la dilatazione termica è espressa da una legge, secondo la quale se  $l_0$  è la lunghezza della sbarretta alla temperatura  $t = 0$  °C, la lunghezza  $l$  alla generica temperatura  $t$  sarà data dalla relazione:

$$l = l_0(1 + \lambda t)$$

dove  $\lambda$  è detto **coefficiente di dilatazione lineare**. Su questa legge si basano i termometri a dilatazione dei metalli. Per avere un'idea della dilatazione dei materiali, si pensi che una sbarra lunga 1 m di un qualsiasi materiale si allunga di circa 1 mm se la sua temperatura aumenta di 100 °C. Più in generale, un corpo solido o un fluido contenuto in un volume  $V$  si dilatano in tutte le direzioni, secondo una legge, detta di **dilatazione volumica**, che interessa l'intero volume del corpo, analoga alla precedente. Se  $V_0$  è il volume del corpo alla temperatura  $t = 0$  °C, il volume  $V$  alla temperatura generica  $t$  segue la legge:

$$V = V_0 (1 + \alpha t)$$

dove  $\alpha$  è detto **coefficiente di dilatazione cubica**; per i corpi solidi  $\alpha = 3\lambda$ . Nel caso di un corpo come quello considerato precedentemente, ovvero una sbarra, la dilatazione volumica si ritiene trascurabile rispetto a quella lineare, perché le dimensioni di spessore e larghezza sono trascurabili rispetto alla lunghezza.

I liquidi hanno coefficienti di dilatazione molto maggiori di quelli dei solidi. I gas a pressione costante (in questo caso occorre aggiungere questa precisazione, poiché il

volume di un gas dipende anche dalla pressione a cui è sottoposto) sono soggetti alla stessa legge di dilatazione degli altri corpi.

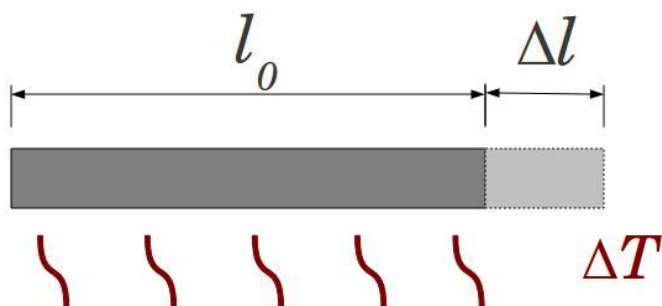
### Coefficienti di dilatazione di alcuni materiali, solidi e liquidi

| coefficienti di dilatazione lineare |                    | coefficienti di dilatazione cubica |                      |
|-------------------------------------|--------------------|------------------------------------|----------------------|
| SOSTANZA                            | $\lambda(K^{-1})$  | SOSTANZA                           | $\alpha(K^{-1})$     |
| alluminio                           | $23 \cdot 10^{-6}$ | etanolo                            | $1,12 \cdot 10^{-3}$ |
| ferro                               | $12 \cdot 10^{-6}$ | mercurio                           | $0,18 \cdot 10^{-3}$ |
| piombo                              | $29 \cdot 10^{-6}$ | glicerina                          | $0,53 \cdot 10^{-3}$ |
| vetro                               | $9 \cdot 10^{-6}$  |                                    |                      |

#### APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE        | SENSIBILITA' | PORTATA   |
|-----------|----------------------|--------------|-----------|
| 1         | Fornellino elettrico |              |           |
| 1         | Pentolino            |              |           |
| 1         | Cilindro metallico   |              |           |
| 1         | Pinza                |              |           |
| 1         | Calibro              | 0,02 mm      | 150,00 mm |
| 1         | Termometro           | 0,1 °C       | -10+120°C |

#### SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA: riempire il pentolino per circa  $\frac{3}{4}$  della sua capacità con una miscela di acqua e ghiaccio; immergervi il cilindretto di metallo per qualche

minuto fino a quando questo non avrà raggiunto la temperatura prossima a quella del ghiaccio fondente (0°C). Rilevare con il termometro questa temperatura di esercizio. Misurare con il calibro la lunghezza  $l_0$  del cilindretto possibilmente mantenendolo immerso nella miscela. Successivamente porre il pentolino sul fornello elettrico ed azionarlo. Quando si sarà raggiunta la temperatura di ebollizione ed il cilindro metallico avrà raggiunto l'equilibrio termico con l'acqua, misurare con il calibro la nuova lunghezza  $l_f$  mantenendolo in sospensione e rilevare la reale temperatura di ebollizione (**attenzione: in questa fase è bene utilizzare tutte le precauzioni utili alla salvaguardia dell'incolumità degli allievi per evitare spiacevoli conseguenze**).

#### DATI E TABELLE:

Tab.1- dati relativi al cilindro considerato

| $t_0(^{\circ}\text{C})$ | $T_f(^{\circ}\text{C})$ | $\Delta t(^{\circ}\text{C})$ | $l_0(\text{mm})$ | $l_f(\text{mm})$ | $\Delta l(\text{mm})$ | $\lambda (^{\circ}\text{C}^{-1})$ |  |
|-------------------------|-------------------------|------------------------------|------------------|------------------|-----------------------|-----------------------------------|--|
| 0,0                     | 100,0                   | 100,0                        | 50,08            | 50,2             | 0,12                  | 2,4                               |  |
|                         |                         |                              |                  |                  |                       |                                   |  |

#### ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:

$$\lambda = \frac{\Delta L}{l_0 \Delta T} = \frac{0,12}{50,08 \cdot 100} = 24 \cdot 10^{-6} (^{\circ}\text{C}^{-1})$$

CONCLUSIONI: abbiamo calcolato il valore del coefficiente di dilatazione termica lineare del provino da noi testato e confrontato con quello riportato dai testi scolastici rilevando una corrispondenza di valori.

BIBLIOGRAFIA: Sapere.it

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 37 Termodinamica – Equivalente in acqua del calorimetro

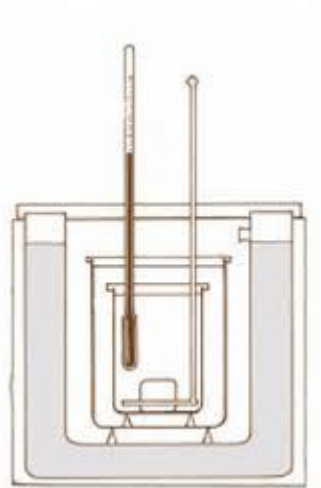
**SCOPO:** determinare la massa equivalente in acqua del calorimetro

**INTRODUZIONE:** Il calorimetro delle mescolanze (o ad acqua, o di Regnault) è costituito da un vaso contenitore che mantiene il suo contenuto isolato dall'ambiente esterno frapponendo con l'esterno delle aree che consentono un isolamento termico tra il contenuto e l'ambiente. Tipicamente è un contenitore di vetro, metallo o plastica con una cavità. Nel calorimetro viene versata dell'acqua e, successivamente, la sostanza in esame; all'interno del calorimetro sono posti un termometro e un agitatore. A causa della non nulla capacità termica del calorimetro è necessario introdurre un *equivalente in acqua* del calorimetro, che tenga conto del calore assorbito o ceduto da esso durante la misura. Il calorimetro delle mescolanze è il tipo di calorimetro più impiegato per scopi didattici. Si chiama **equivalente in acqua del calorimetro**, la massa d'acqua che assorbe la stessa quantità di calore delle parti del calorimetro durante lo scambio termico.

APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE        | SENSIBILITA' | PORTATA   |
|-----------|----------------------|--------------|-----------|
| 1         | Fornellino elettrico |              |           |
| 1         | Pentolino            |              |           |
| 1         | Calorimetro          |              |           |
| 1         | Bilancia             | 0,02 g       | 600,00 g  |
| 1         | Termometro           | 0,1 °C       | -10+120°C |
|           | Acqua                |              |           |

SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA: Per misurare l'equivalente in acqua del calorimetro utilizzato, si introduce al suo interno una quantità di acqua nota,  $M_1$  (250g) che una volta raggiunto l'equilibrio termico con il calorimetro si trova a temperatura  $T_1$ . Successivamente si aggiunge un'altra quantità di acqua nota diciamo  $M_2$  (25 g) a temperatura  $T_2 > T_1$ , e si aspetta il raggiungimento del nuovo equilibrio termico a temperatura  $T_{eq}$ . Le quantità di calore scambiate devono essere uguali. Poniamo la massa  $M_2$  nel pentolino e portiamola ad ebollizione rilevando la temperatura  $T_2$  col termometro. Versiamo successivamente questa massa di acqua nel calorimetro e rileviamo dopo qualche minuto la nuova temperatura di equilibrio. I dati rilevati ci consentono di determinare l'equivalente in massa di acqua del calorimetro, dato che utilizzeremo in tutte le successive esperienze di laboratorio.

$$Me = \frac{M_2(T_2 - T_{eq}) - M_1(T_{eq} - T_1)}{T_{eq} - T_1}$$

#### DATI E TABELLE:

Tab.1- dati relativi al cilindro metallico considerato

| $T_1(^{\circ}\text{C})$ | $T_2(^{\circ}\text{C})$ | $T_{eq}(^{\circ}\text{C})$ | $M_1(\text{g})$ | $M_2(\text{g})$ | $Me(\text{g})$ |  |
|-------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|----------------|--|
| 18,0                    | 94,0                    | 38,0                       | 250,00          | 95,00           | <b>16,00</b>   |  |
|                         |                         |                            |                 |                 |                |  |

#### ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:

$$Me = \frac{M_2(T_2 - T_{eq}) - M_1(T_{eq} - T_1)}{T_{eq} - T_1}$$

$$Me = \frac{95(94 - 38) - 250(38 - 18)}{38 - 18} = 16,00g$$

CONCLUSIONI: abbiamo calcolato la massa equivalente in acqua del calorimetro a nostra disposizione ed abbiamo rilevato un valore di **16,00 g**, indicazione che considereremo tutte le volte che utilizzeremo tale apparato per esperimenti di termologia in cui sia necessaria una condizione di isolamento dall'esterno.

BIBLIOGRAFIA: Sapere.it; Treccani.it; Wikipedia

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 38 Termodinamica – Calore specifico

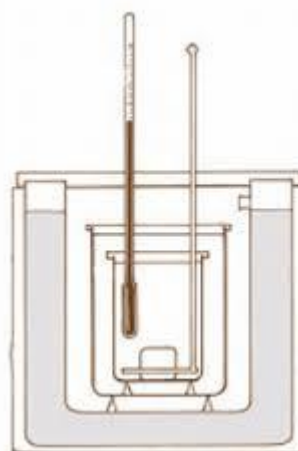
**SCOPO:** determinare il calore specifico di un oggetto metallico

**INTRODUZIONE:** Il **calore specifico** di una sostanza è definito come la quantità di calore necessaria per innalzare (o diminuire) la temperatura di una unità di massa di  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Nel Sistema internazionale l'unità di misura del calore specifico è il  $\text{J} / (\text{kg} \cdot \text{K})$ ; nel Sistema tecnico è  $\text{kcal} / (\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$ . Una grandezza analoga è il *calore molare*, definito come la quantità di calore necessaria per aumentare di 1 kelvin (K) la temperatura di una mole di sostanza, l'unità di misura SI (Sistema internazionale di unità di misura) è il  $\text{J} / (\text{mol} \cdot \text{K})$ .

**APPARATO SPERIMENTALE:**

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE        | SENSIBILITA'           | PORTATA                    |
|-----------|----------------------|------------------------|----------------------------|
| 1         | Fornellino elettrico |                        |                            |
| 1         | Pentolino            |                        |                            |
| 1         | Cilindro metallico   |                        |                            |
| 1         | Calorimetro          |                        |                            |
| 1         | Bilancia             | 0,02 g                 | 600,00 g                   |
| 1         | Termometro           | 0,1 $^{\circ}\text{C}$ | -10+120 $^{\circ}\text{C}$ |
|           | Acqua                |                        |                            |

**SCHEMA DELL'APPARATO USATO:**



**ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA:** Se scaldiamo a temperatura  $T_2$  un solido di massa  $m_2$  e calore specifico  $c$  sconosciuto e poi lo immergiamo nell'acqua di massa  $m_1$  di un calorimetro ben isolato a temperatura  $T_1$ , il corpo cederà energia all'acqua e al



calorimetro fino a quando il sistema non raggiunge uno stato di equilibrio alla temperatura  $T_e$ .

L'energia  $\Delta E_2 = cm_2(T_2 - T_e)$  ceduta dall'oggetto è uguale a quella  $\Delta E_1 = (m_1 c_{acqua} + C_{cal})(T_e - T_1)$  assorbita dal sistema acqua-calorimetro (la capacità termica  $C_{cal}$  del calorimetro è spesso trascurabile).

Dall'uguaglianza delle due espressioni dell'energia, si può ricavare la formula per calcolare il calore specifico  $c$  dell'oggetto solido dopo aver misurato sperimentalmente le altre grandezze in gioco (masse e temperature), cioè  $c = (m_1 c_{acqua} + C_{cal})(T_e - T_1) / [m_2(T_2 - T_e)]$ .

La conoscenza del calore specifico permette di identificare la sostanza di cui l'oggetto solido è costituito, per confronto con i valori standard dei calori specifici di diverse sostanze. Effettuiamo l'esperienza come quella descritta in precedenza (37) sostituendo al valore della massa d'acqua  $M_2$  quello della massa del cilindro metallico. Rileviamo i dati e calcoliamo il calore specifico per mezzo della formula:

$$C_{spec} = \frac{(M_1 + M_{equiv})(T_{equilibrio} - T_1)}{M_2(T_2 - T_{equilibrio})}$$

#### DATI E TABELLE:

Tab.1- dati relativi al cilindro metallico considerato

| $T_1(^{\circ}\text{C})$ | $T_2(^{\circ}\text{C})$ | $T_{eq}(^{\circ}\text{C})$ | $M_1(\text{g})$ | $M_2(\text{g})$ | $M_e(\text{g})$ | $C_{spec}(\text{Cal/g}\cdot^{\circ}\text{C})$ |
|-------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|---|
| 18,0                    | 94,0                    | 20,0                       | 200,00          | 24,00           | <b>16,00</b>    | 0,24  |
|                         |                         |                            |                 |                 |                 |   |

#### ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:

$$C_{spec} = \frac{(M_1 + M_{equiv})(T_{equilibrio} - T_1)}{M_2(T_2 - T_{equilibrio})} = \frac{(200 + 16)(20 - 18)}{24(94 - 20)} = 0,24 \text{ (Cal/g}\cdot^{\circ}\text{C)}$$

CONCLUSIONI: abbiamo calcolato il calore specifico del cilindretto metallico a nostra disposizione ed abbiamo potuto osservare dall'elaborazione dei dati ottenuti con la prova sperimentale, che il suo valore corrisponde a quello dell'alluminio desunto dalle tabelle.

BIBLIOGRAFIA: Sapere.it-Calore specifico; Treccani.it-calore specifico;

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 39 Termodinamica – Calore latente di fusione

**SCOPO:** calcolare il calore latente di fusione del ghiaccio

**INTRODUZIONE:** Il **calore latente** (associato a una trasformazione termodinamica) è la quantità di energia (sottoforma di calore) necessaria allo svolgimento di una transizione di fase (o passaggio di stato). Ad esempio, il "calore latente di fusione" è l'energia massima corrispondente al passaggio di un sistema (costituito da una o più sostanze chimiche) dallo stato solido a quello liquido.

L'unità di misura del calore latente  $\lambda$  nel Sistema internazionale è J/kg. Spesso il calore latente viene espresso per mole di sostanza come calore latente molare e nel SI si misura in J/mol. La teoria cinetica dei gas interpreta (spiega) il calore latente nel seguente modo: durante la transizione di fase di un sistema bifasico, l'energia fornita (rispettivamente assorbita) al sistema non incrementa (rispettivamente decrementa) la temperatura del sistema stesso, bensì agisce sulla forza dei legami intermolecolari.

Ad esempio, mentre si fa bollire dell'acqua, il calore fornito non innalza la temperatura dell'acqua oltre i 100 °C (la temperatura infatti rimane costante durante l'ebollizione), ma servirà a indebolire i legami fra le molecole, le quali di conseguenza saranno libere di occupare tutto il volume a loro disposizione (ovvero passeranno dallo stato liquido, caratterizzato da una scarsa compressibilità, allo stato vapore), fino al punto in cui tutta l'acqua si sarà trasformata in vapore.

A seconda del tipo di transizione di fase in questione, si parla di:

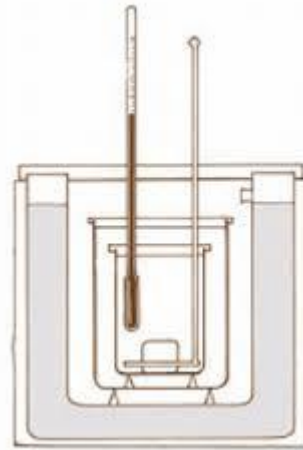
- calore latente di fusione
- calore latente di vaporizzazione
- calore latente di sublimazione.

**APPARATO SPERIMENTALE:**

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE        | SENSIBILITA' | PORTATA  |
|-----------|----------------------|--------------|----------|
| 1         | Fornellino elettrico |              |          |
| 1         | Beker                |              |          |
| 1         | Cilindro metallico   |              |          |
| 1         | Calorimetro          |              |          |
| 1         | Bilancia             | 0,02 g       | 600,00 g |

|   |                         |        |           |
|---|-------------------------|--------|-----------|
| 2 | Termometro              | 0,1 °C | -10+120°C |
|   | Acqua                   |        |           |
|   | Ghiaccio                |        |           |
| 1 | Contenitore per liquidi |        |           |

SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA: preparare un contenitore e versarvi una certa quantità di acqua con alcuni cubetti di ghiaccio; lasciare che il ghiaccio cominci a fondersi e rilevare la temperatura del miscuglio. Prendere un beker, inserirvi una certa massa di acqua valutata con la bilancia e porlo sul fornellino azionando il dispositivo di riscaldamento fino a raggiungere un valore di 40-50°C (rilevabile col termometro). Prelevare questa massa di acqua ed introdurla nel calorimetro; utilizzando l'agitatore, uniformare la temperatura e dopo circa un minuto, rilevarne il valore. Effettuare la misurazione della massa del beker ed inserirvi due o tre cubetti di ghiaccio opportunamente estratti dal contenitore apposito ed asciugati velocemente con una salvietta pulita. Valutare la massa del ghiaccio ed inserirlo rapidamente nel calorimetro. Azionare l'agitatore e rilevare questa nuova temperatura di equilibrio. Tabulare i dati ed effettuare i calcoli necessari a determinare il valore del calore latente di fusione del ghiaccio

DATI E TABELLE:

Tab.1- dati relativi alla prova effettuata

| $T_1(^{\circ}\text{C})$ | $T_2(^{\circ}\text{C})$ | $T_e(^{\circ}\text{C})$ | $M_1(\text{g})$ | $M_2(\text{g})$ | $L_f (\text{cal/g})$ | $L_f (\text{J/kg})$ |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|----------------------|---------------------|
| 58,0                    | 0,0                     | 38,0                    | 234,00          | 40,00           | <b>79</b>            | $330,69 \cdot 10^3$ |
|                         |                         |                         |                 |                 |                      |                     |

## ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:

Applicando la formula

$$M_2 \cdot L_f + M_2 \cdot CH_2O \cdot (T_e - T_2) = M_1 \cdot CH_2O \cdot (T_1 - T_e)$$

ricaviamo  $L_f$  sostituendo i valori rilevati:

$$40 \cdot L_f + 40 \cdot 1 \cdot (38 - 0) = 234 \cdot 1 \cdot (58 - 38)$$

$$40 L_f + 1520 = 4680; \quad L_f = \frac{4680 - 1520}{40} = 79 \text{ cal/g}$$

$$79 \cdot 4186 = 330,69 \cdot 10^3 \text{ J/Kg}$$

CONCLUSIONI: il dato sperimentale ottenuto dall'elaborazione dei valori rilevati durante la nostra esperienza di Laboratorio, è in linea con quelli espressi dalla letteratura scientifica e dimostra l'attendibilità della prova effettuata.

BIBLIOGRAFIA: Wikipedia-calore latente

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 40 Termodinamica – Equivalente meccanico del calore

**SCOPO:** verificare sperimentalmente l'effetto dovuto dalla conversione dell'energia ottenuta attraverso una azione meccanica in energia trasmessa in modalità termica e determinare l'equivalente meccanico del calore

**INTRODUZIONE:** L'**energia termica** è la forma di energia posseduta da qualsiasi corpo che abbia una temperatura superiore allo zero assoluto. Macroscopicamente la quantità posseduta di tale energia è proporzionale alla temperatura, alla massa e al calore specifico del corpo (capacità termica). In base al secondo principio della termodinamica, è considerata una forma di energia degradata in quanto non tutta l'energia termica può essere convertita in energia meccanica. Al contrario ogni altra forma di energia ha la possibilità di convertirsi più o meno spontaneamente nel tempo in energia termica (come l'energia meccanica per attrito, l'energia elettromagnetica per assorbimento della radiazione o energia elettrica per dissipazione resistiva).

**APPARATO SPERIMENTALE:**

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE                       | SENSIBILITA' | PORTATA  |
|-----------|-------------------------------------|--------------|----------|
| 1         | Peso da 5 kg                        |              |          |
| 1         | Corda per strofinio (l=2,15m)       |              |          |
| 1         | Dispositivo di base (Leybold 38800) |              |          |
| 1         | Calorimetro in rame (Leybold 38801) |              |          |
| 1         | Bilancia                            | 0,02 g       | 600,00 g |
| 2         | Termometro                          | 0,1 °C       | 15-35°C  |
|           | Acqua                               |              |          |
|           |                                     |              |          |
|           |                                     |              |          |

## SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



**ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA:** questa apparecchiatura permette la trasformazione dell'energia ottenuta attraverso una azione meccanica in energia trasmessa in modalità termica. Esse vengono determinate quantitativamente utilizzando le rispettive unità di misura,  $Newton \cdot m (Nm)$  nel caso dell'energia "meccanica" e  $Joule (J)$  nel caso dell'energia "termica", in modo da potere dimostrare sperimentalmente la loro equivalenza numerica e dimensionale. Presupponendo la validità di questa esperienza, si determina la capacità termica del calorimetro usato e si studia come questa dipenda dal tipo di materiale e dalla massa.

- **Riempimento e chiusura del calorimetro-** Svitare la vite di serraggio e posizionare il calorimetro con l'apertura verso l'alto. Riempire il calorimetro con il liquido (in genere acqua) ed inserire la guarnizione del termometro nel foro (guarnizione in gomma fra due ranelle di metallo); avvitare la vite di serraggio di un giro, introdurre il termometro nell'apposita sede e stringere la vite di serraggio.
- **Predisposizione dell'apparecchio di base-** Inserire la flangia porta calorimetro nel manicotto del supporto e posizionare la ranella; avvitare la manovella sul perno della flangia tenendo ferma quest'ultima. Fissare l'apparecchio base ad un angolo del tavolo e bloccare solidalmente il calorimetro riempito. A questo scopo introdurre le due spine a ribattino poste alla base del calorimetro, nei fori del piatto fissando il tutto con una breve rotazione della manovella. Attenzione: non urtare contro il termometro, pericolo di rottura.
- **Avvolgimento della cordicella-** avvolgere la cordicella per 4/6 volte attorno alla superficie di contatto e successivamente agganciare il peso da 5 kg ad un capo della cordicella (quello anteriore). L'altro provvisto di dischetto di gomma, viene lasciato penzolare e fissato dietro al contagiri.

Azionando la manovella, il peso da 5 kg si solleva e si mantiene ad una altezza costante per l'attrito che esercita la cordicella sulla superficie esterna del calorimetro. Nel caso che il peso utilizzato venga sollevato troppo, ridurre il numero di avvolgimenti attorno alla superficie di contatto. Il lavoro meccanico  $W_{mecc}$  compiuto durante la rotazione del calorimetro, porta ad un aumento di temperatura dello stesso e quindi ad un aumento dell'energia termica  $Q$ .

$$W = F \cdot s \quad (\text{con } F = m \cdot g)$$

|            |   |
|------------|---|
| $W_{mecc}$ | = lavoro meccanico                        |
| $F$        | = forza d'attrito                         |
| $m$        | = massa appesa (5kg)                      |
| $g$        | = acc. Terrestre (9,81 m/s <sup>2</sup> ) |

$$s = n \cdot d \cdot \pi$$

|               |   |
|---------------|---|
| $s$           | = percorso d'attrito                        |
| $n$           | = numero di giri                            |
| $d$           | = diametro del calorimetro                  |
| $d \cdot \pi$ | = circonferenza sulla superficie di attrito |

in totale quindi avremo:

$$W_{mecc} = m \cdot g \cdot n \cdot d \cdot \pi$$

$$\Delta Q = C \cdot \Delta T \quad (\text{con } C = C_k + C_f)$$

|            |  |
|------------|--|
| $\Delta Q$ | = aumento dell'energia termica                                       |
| $C$        | = capacità termica del calorimetro riempito                          |
| $C_k$      | = capacità termica del calorimetro vuoto                             |
| $C_f$      | = capacità termica del liquido (per acqua $C_f = 4,2 \text{ J/kg}$ ) |

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

|            |   |
|------------|---|
| $\Delta T$ | = differenza di temperatura                 |
| $T_1$      | = temperatura prima dell'apporto di energia |
| $T_2$      | = temperatura dopo l'apporto di energia     |

## DATI E TABELLE:

Tab.1- dati relativi al lavoro meccanico ottenuti col calorimetro in rame

| $m$ (kg) | $g$ (m/s <sup>2</sup> ) | $d$ (m)            | $n$ (giri) | $\pi$ | $W_{mecc}$ (Nm) |  |
|----------|-------------------------|--------------------|------------|-------|-----------------|--|
| 5        | 9,81                    | $47 \cdot 10^{-3}$ | 250        | 3,14  | <b>1809,7</b>   |  |
|          |                         |                    |            |       |                 |  |

Tab.2- dati relativi all'aumento di energia termica ottenuti col calorimetro in rame

| $C_k$ (J/K) | $C_f$ (J/K) | $T_1$ (°C) | $T_2$ (°C) | $\Delta T$ (°C) | $\Delta Q$ (J) |  |
|-------------|-------------|------------|------------|-----------------|----------------|--|
| 264         | 4,2         | 21,0       | 27,5       | 6,5             | <b>1743,3</b>  |  |
|             |             |            |            |                 |                |  |

CONCLUSIONI: nel caso non ci fosse scambio di energia con l'esterno e si potesse operare in ambiente isolato, con molta probabilità (a seguito dei risultati della prova sperimentale) si avrebbe l'uguaglianza della relazione che confermerebbe il principio di conservazione dell'energia:

$$W_{mecc} = \Delta Q$$

BIBLIOGRAFIA: Wikipedia-calorimetria; Leybold-istruzioni per l'uso 38800



## 41 Termodinamica – Cambiamenti di stato

**SCOPO:** studiare le caratteristiche necessarie per il cambiamento di stato di uno o più materiali utilizzati come campione, fornendo energia in modalità termica o ponendoci in condizioni variabili di pressione

**INTRODUZIONE:** In fisica e in chimica, una **transizione di fase** (o **passaggio di stato** o **cambiamento di stato** o **transizione di stato**) è la trasformazione di un sistema termodinamico da uno stato di aggregazione ad un altro. La caratteristica distintiva di una transizione di fase è il brusco cambiamento di una o più proprietà fisiche, in particolare la capacità termica, alla minima variazione di variabili termodinamiche come la temperatura. Ogni stato della materia è caratterizzato da un ben determinato contenuto di energia. Ogni volta che la materia cambia il suo stato fisico è necessario che cambi anche il suo contenuto di energia.

Quindi per far avvenire un cambiamento di stato è necessario fornire o sottrarre energia ad un corpo, ad esempio mediante la somministrazione di calore o modificando la pressione esercitata sul corpo modificando lo stato di aggregazione delle molecole che lo compongono. Lo stato solido è quello a minimo contenuto energetico, quello liquido è a contenuto intermedio e quello gassoso a massimo contenuto energetico: per far passare un solido allo stato liquido e un liquido allo stato gassoso è necessario quindi fornire energia mentre per le trasformazioni inverse (da gassoso a liquido a solido) è necessario sottrarre energia.

**Fusione:** fornendo energia termica a un pezzo di ghiaccio che si trova a zero gradi centigradi questo si fonde e si ottiene acqua a zero gradi centigradi. Ciò risulta vero se l'acqua non contiene sostanze disciolte, altrimenti la temperatura di fusione risulta inferiore.

**Solidificazione:** sottraendo energia termica all'acqua che si trova a zero gradi centigradi si ottiene ghiaccio a zero gradi centigradi. Anche tale fenomeno dipende dal grado di purezza dell'acqua: si pensi al sale che viene sparso d'inverno sulle strade, proprio per abbassare il punto di solidificazione dell'acqua, ed evitare così che sul manto stradale si formino lastre di ghiaccio.

**Vaporizzazione:** fornendo energia termica all'acqua essa si riscalda fino alla temperatura di 100 °C. Durante tale fase una parte di acqua evapora. Un ulteriore riscaldamento provoca l'ebollizione dell'acqua. La temperatura di ebollizione di qualsiasi liquido dipende dalla pressione del vapore con cui si trova a contatto: un

aumento della pressione provoca un innalzamento della temperatura di ebollizione mentre una diminuzione della pressione ne provoca un abbassamento.

**Condensazione:** raffreddando il vapor acqueo a pressione costante si ha la formazione di condensa, ossia di goccioline di acqua che provengono dalla condensazione del vapore. Si pensi al fenomeno tipicamente invernale della nebbia, causata dall'abbassamento della temperatura dell'aria che diviene satura di umidità e che quindi inizia a condensare.

Anche la temperatura di condensazione dipende dalla pressione a cui si trova il vapore: l'aumento dell'una comporta l'aumento dell'altra e viceversa.

**Brinamento:** la formazione della brina è un fenomeno molto noto, che avviene d'inverno. Di notte, quando la temperatura esterna scende al di sotto della temperatura di rugiada, l'umidità presente nell'aria si deposita sul terreno e, se si è sotto lo zero, forma istantaneamente dei cristalli di ghiaccio.

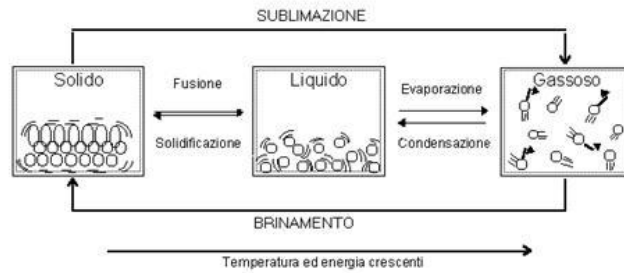
**Sublimazione:** le palline di naftalina che si mettono negli armadi passano direttamente dallo stato solido allo stato di vapore, senza diventare liquide, quando sono a contatto con l'aria.

Il **punto triplo** è determinato dai valori di temperatura e pressione in cui coesistono tre fasi di aggregazione di una sostanza: nel caso più comune, quelle solida, liquida e aeriforme. Tuttavia, molte sostanze, tra le quali l'acqua, hanno più di una fase solida (polimorfi), cosicché i loro diagrammi di fase presentano più punti tripli solido-solido-liquido o solido-solido-solido. I valori di temperatura e pressione che identificano i punti tripli dipendono solamente dalla sostanza in esame e, nel caso dei punti solido-liquido-aeriforme, possono essere determinati con notevole precisione grazie alla grande diversità di comportamento delle tre fasi coinvolte. Il punto triplo di varie sostanze è dunque utile per la taratura di strumenti di misura, utilizzando dispositivi metrologici chiamati "celle a punto triplo" contenenti la sostanza richiesta. La temperatura di quello dell'acqua è utilizzata per la definizione della scala kelvin. La dipendenza del punto triplo dalla composizione chimica richiede però che le sostanze campione abbiano un elevatissimo grado di purezza

#### APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE        | SENSIBILITA' | PORTATA   |
|-----------|----------------------|--------------|-----------|
| 1         | Beker                |              | 150cc     |
| 1         | Pentolino            |              |           |
| 1         | Fornellino elettrico |              |           |
| 1         | Termometro           | 0,1 °C       | -10+120°C |
|           | Acqua distillata     |              |           |
|           | Cera                 |              |           |
|           | Piombo               |              |           |
|           | Campana pneumatica   |              |           |
|           | Pompa per il vuoto   |              |           |

**SCHEMA DELL'APPARATO USATO:**



**ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA:** ridurre il ghiaccio in piccoli pezzi, porlo nel beker ed inserirvi il termometro. In prossimità della fusione del ghiaccio, lo strumento rilevatore di temperatura segnerà un valore prossimo ai 0°C e tale temperatura si manterrà costante fino alla trasformazione completa del ghiaccio in acqua. Sostituendo il ghiaccio con altro materiale solido (ad es. cera o piombo), si potrà osservare che la temperatura di fusione a pressione atmosferica, è caratteristica del corpo considerato.

N.B. per la fusione del piombo è opportuno sostituire il beker con un crogiuolo mentre per la cera si potrà usare una semplice provetta.

È possibile che avvenga un cambiamento di stato anche senza somministrazione di energia ma semplicemente intervenendo sulla pressione esercitata sul corpo. Porre alcuni cubetti di ghiaccio (utilizzare acqua distillata per diminuire le impurità dovute alla presenza di altri elementi non desiderati) nel beker ed inserirvi il termometro. Collocare il beker sotto la campana pneumatica ed azionare la pompa per il vuoto; in prossimità del valore zero pressione rivelato dal manometro di Bourdon, si inizierà a visionare il fenomeno dell'ebollizione e per valori di zero assoluto anche il punto triplo dell'acqua.

**DATI E TABELLE:**

Tab.1-

|  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

**ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:**

**CONCLUSIONI:** Il calore fornito dall'ambiente o l'energia trasportata dalla luce solare e assorbita dal cubetto di ghiaccio producono dunque un aumento dell'energia interna del "sistema cubetto" dando luogo a una fusione del ghiaccio invece che a un aumento della sua temperatura. Il fatto che nei passaggi di stato la variazione di energia interna avvenga a temperatura costante, indica che lo scambio energetico con l'esterno provoca la variazione di una forma di energia del sistema diversa da quella direttamente proporzionale alla sua temperatura. Tale forma è correlata allo stato di aggregazione, cioè alla struttura interna del sistema.

**BIBLIOGRAFIA:** Wikipedia-cambiamenti di stato; Interfred –Fisica di base

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 42 Termodinamica – Densità di un gas

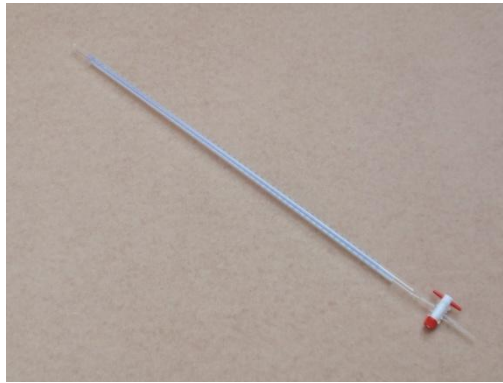
**SCOPO:** determinare sperimentalmente la densità di un gas (anidride carbonica)

INTRODUZIONE: In chimica fisica e termodinamica, una **equazione di stato** è una legge costitutiva che descrive lo stato della materia sotto un dato insieme di condizioni fisiche. Fornisce una relazione matematica tra due o più funzioni di stato associate alla materia, come temperatura, pressione, volume o energia interna. Le equazioni di stato sono utili nella descrizione delle proprietà dei fluidi (e delle loro miscele), dei solidi e persino per descrivere l'interno delle stelle. Il principale uso di una equazione di stato consiste nella determinazione dei parametri di stato relativi a gas e liquidi. Una di queste equazioni, tra le più semplici e utilizzate, è la legge dei gas perfetti (anche detta Legge di Clapeyron) valida per gas in condizioni di bassa pressione e alta temperatura (comportamento ideale). Tale trattazione matematica diviene però poco accurata in condizioni lontane dall'idealità e non è in grado di predire la liquefazione di un gas. Sono state quindi sviluppate diverse equazioni di stato più accurate per gas e liquidi. Attualmente non esiste una singola equazione di stato che descriva accuratamente le proprietà di tutte le sostanze nelle diverse condizioni possibili. La densità di un gas, misurata in condizioni normali ( $P=1 \text{ atm}$ ;  $T=0 \text{ °C}$ ) viene definita **densità normale** e corrisponde al rapporto tra il peso molecolare (espresso in mg) ed il volume molecolare ( $\text{mm}^3$ ).

APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE          | SENSIBILITA' | PORTATA   |
|-----------|------------------------|--------------|-----------|
| 1         | Beker                  |              | 400 cc    |
| 1         | Beuta con tappo e tubo |              | 250 cc    |
| 1         | Buretta                |              | 50 cc     |
| 1         | Bilancia               | 0,02 g       | 600,00 gr |
|           | Acqua distillata       |              |           |
|           | Alka seltzer           |              |           |
| 1         | Sostegno per buretta   |              |           |
|           |                        |              |           |

SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA: riempire quasi completamente il beker con acqua; riempire la buretta con la stessa sostanza ed inserirvi il tubo di gomma collegato al tappo della beuta, fino alla sommità della stessa. Capovolgere la buretta nel beker. Per effetto della pressione atmosferica e della pressione dovuta alla colonna d'acqua che agisce sulla base della buretta, l'acqua in essa contenuta non scenderà e si potrà regolare la sua altezza mediante il rubinetto, determinando un valore adeguato di lettura sulla scala graduata. Versare 200 gr di acqua nella beuta ed inserirvi 0,5 gr di alka seltzer chiudendo velocemente il tappo. L'alka seltzer si trasformerà in gas che salirà attraverso il tubo di gomma nella buretta e la colonna di acqua in essa contenuta si stabilizzerà con nuove condizioni di equilibrio con la massa del gas presente. Rilevare a processo ultimato (circa 5 min) il nuovo valore dell'altezza raggiunta dall'acqua nella buretta e determinare il volume di gas sviluppato. La densità del gas sarà calcolata attraverso l'elaborazione della formula:

$$d = \frac{m}{V}, \text{ dove } m \text{ è la massa dell'agente trasformato in gas e } V \text{ il suo volume.}$$

DATI E TABELLE:

Tab.1-

| m (mg) | V (mm <sup>3</sup> ) | D (mg/mm <sup>3</sup> ) |  |  |  |  |
|--------|----------------------|-------------------------|--|--|--|--|
|        |                      |                         |  |  |  |  |
|        |                      |                         |  |  |  |  |

ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:

**CONCLUSIONI:** le cause d'errore in questo esperimento sono molte. Le più importanti sono:

- 1- l'elevata sensibilità della bilancia, nelle nostre condizioni sperimentali di utilizzo soggette a spostamenti d'aria o ad urti involontari, può falsare la misura della massa
- 2- il menisco dell'acqua non garantisce una lettura precisa del livello assunto nella buretta;
- 3- dopo avere messo la compressa effervescente nella beuta, l'operatore potrebbe non chiudere sollecitamente l'imboccatura della beuta con il tappo e ci sarebbe una perdita di gas;
- 4- l'operatore potrebbe toccare la compressa con le mani non perfettamente asciutte, e la compressa inizierebbe a sciogliersi sviluppando gas;
- 5- dentro la buretta ci potrebbe essere una bolla d'aria che potrebbe influenzare la misura del volume occupato dal gas;

**BIBLIOGRAFIA:** Wikipedia-densità; Chimica on line-densità;

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 43 Termodinamica – Densità dell'olio

**SCOPO:** determinare il rapporto tra la densità dell'olio d'oliva e quella dell'acqua in base alla comparazione delle due pressioni idrostatiche.

**INTRODUZIONE:** Un oggetto metallico è di solito molto più pesante di uno di legno, a parità di volume: questo avviene perché l'oggetto metallico ha una densità maggiore. La densità di una sostanza dipende dalla massa di un volume dato di quella sostanza. Un oggetto metallico ha atomi impaccati più strettamente, rispetto a un oggetto in legno, perciò ha densità maggiore.

Per calcolare la densità di un oggetto bisogna conoscerne massa e volume, perché la densità è uguale alla massa divisa per il volume.

La massa di un oggetto è indicata dalla bilancia, mentre il volume di un oggetto regolare (per esempio un lingotto d'oro) si può calcolare moltiplicando la profondità ( $p$ ) per la lunghezza ( $l$ ) e l'altezza ( $h$ ). In questa prova di Laboratorio sono coinvolte le leggi di Stevino e di Pascal. L'attività si presta inoltre ad una riflessione sul significato delle parole *denso* e *viscoso* che nel linguaggio comune spesso coincide. Si richiede di determinare il rapporto tra la densità dell'olio d'oliva e quella dell'acqua in base all'uguaglianza tra le due pressioni idrostatiche.

**APPARATO SPERIMENTALE:**

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE                     | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|-----------------------------------|--------------|---------|
| 1         | Manometro ad U                    |              |         |
| 1         | Cilindro di vetro (min $h=25$ cm) |              |         |
| 1         | Tubo gomma per collegamento       |              |         |
| 1         | Asta metrica                      | 0,1 cm       | 50,0 cm |
|           | Acqua                             |              |         |



## SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA: si introduca dell'olio d'oliva nel manometro ad U e si colleghi una sua estremità con un tubo di gomma trasparente abbastanza lungo. Si immerga gradualmente il tubo di gomma a diverse profondità nel cilindro di vetro. Questa profondità non è altro che il dislivello tra la superficie dell'acqua dentro il tubicino e quella più ampia nella sommità del cilindro di vetro e determina la pressione idrostatica. La pressione idrostatica dell'acqua comprime l'aria nel tubicino e si trasmette inalterata (principio di Pascal) lungo di esso, facendo assumere all'olio il dislivello da misurare. Rilevare attraverso asta metrica i valori di dislivello e profondità. Uguagliando le due pressioni data la situazione di equilibrio per l'aria nel tubicino, si ottiene:

$$\text{pressione olio} = \text{pressione H}_2\text{O}$$

Esprimendo quindi le due pressioni in funzione della accelerazione di gravità  $g$ , della densità e dell'altezza dei liquidi (Legge di Stevino):

$$g \cdot (\text{densità} \cdot \text{dislivello})_{\text{olio}} = g \cdot (\text{densità} \cdot \text{profondità})_{\text{H}_2\text{O}}$$

e quindi:

$$\frac{\text{densità olio}}{\text{densità acqua}} = \frac{\text{profondità}}{\text{dislivello}}$$

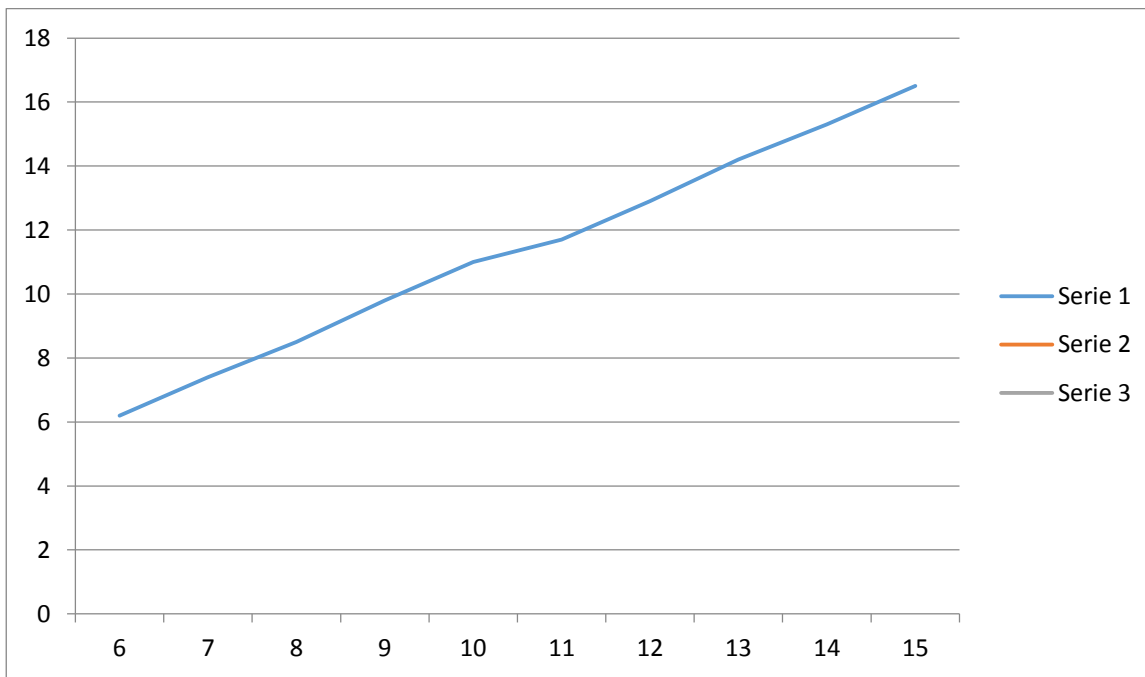
La Legge di Stevino nel testo è enunciata in termini di proporzionalità diretta tra la pressione e le due grandezze densità e altezza del liquido; il Principio di Pascal non viene menzionato esplicitamente ma si afferma che la pressione si trasmette tale e quale.

## DATI E TABELLE:

Tab.1- dati sperimentali rilevati in Laboratorio

| Prof. H <sub>2</sub> O (cm) | Disliv. Olio (cm) | prof/disl | d olio/dH <sub>2</sub> O |  |  |  |
|-----------------------------|-------------------|-----------|--------------------------|--|--|--|
| 6,0                         | 6,4               | 0,94      | 0,92                     |  |  |  |
| 7,0                         | 7,4               | 0,95      | 0,92                     |  |  |  |
| 8,0                         | 8,5               | 0,94      | 0,92                     |  |  |  |
| 9,0                         | 9,8               | 0,92      | 0,92                     |  |  |  |
| 10,0                        | 11,0              | 0,91      | 0,92                     |  |  |  |
| 11,0                        | 11,7              | 0,94      | 0,92                     |  |  |  |
| 12,0                        | 12,9              | 0,93      | 0,92                     |  |  |  |
| 13,0                        | 14,2              | 0,92      | 0,92                     |  |  |  |
| 14,0                        | 15,3              | 0,92      | 0,92                     |  |  |  |
| 15,0                        | 16,5              | 0,91      | 0,92                     |  |  |  |

ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:



CONCLUSIONI: i valori ottenuti sperimentalmente sono in linea con quelli indicati dalle tabelle relative ai test didattici

BIBLIOGRAFIA: Associazione per l'insegnamento della Fisica-Densità dell'olio

### 44 Termodinamica – Il numero di Avogadro

**SCOPO: determinare sperimentalmente il numero di Avogadro**

INTRODUZIONE: Nacque in un'antica famiglia nobile piemontese da Anna Vercellone di Biella e da Filippo Avogadro, conte di Quaregna e di Cerreto, il quale fu senatore del Regno di Sardegna e alto magistrato.

Amedeo fu un brillante studente; si laureò molto giovane (vent'anni; 1796) in diritto canonico e iniziò a praticare. Comunque, poco dopo si dedicò allo studio della fisica e della matematica, le sue scienze preferite, e nel 1809 cominciò a insegnarle al collegio di Vercelli (dove la sua famiglia aveva dei possedimenti). Durante la sua permanenza a Vercelli scrisse una memoria nella quale formulò un'ipotesi che viene oggi chiamata Legge di Avogadro che oggi siamo abituati ad esprimere nella forma: *« volumi uguali di gas diversi, alla stessa temperatura e pressione, contengono lo stesso numero di molecole »*

Anche se definito con riferimento al carbonio-12, il numero di Avogadro si applica a qualsiasi sostanza. Corrisponde al numero di atomi o molecole necessario a formare una massa pari numericamente al peso atomico o al peso molecolare in grammi rispettivamente della sostanza. Ad esempio, il peso atomico del ferro è 55,847, quindi un numero di Avogadro di atomi di ferro (ovvero, una mole di atomi di ferro) ha una massa di 55,847 g. Viceversa, 55,847 g di ferro, contengono un numero di Avogadro di atomi di ferro. Quindi il numero di Avogadro corrisponde anche al fattore di conversione tra grammi (g) e unità di massa atomica (u):

$$1 \text{ g} = N_A \text{ u}$$

Poiché l'unità di massa atomica è definita facendo riferimento alla massa del carbonio-12 anche la definizione di numero di Avogadro si riferisce a questo isotopo. L'altra unità di misura che appare nella definizione, cioè il kg, è arbitraria ed è definita con una massa campione che si trova a Sèvres.

Di conseguenza, essendo un fattore di conversione tra due unità di misura non-omogenee,  $N_A$  è completamente arbitrario e non è considerato una costante fondamentale. Per la sua importanza e diffusione è comunque inserito in ogni tabella di costanti fisiche. Il numero di Avogadro, cioè il numero di molecole contenute in una mole di un composto, è notevolmente elevato. Ci proponiamo

attraverso le opportune procedure sperimentali che possiamo attuare, di ottenere un dato che conforti l'enunciato di riferimento. L'acido oleico ( $C_{18}H_{34}O_2$ , massa molare 282,4614 g/mol, densità 0,895 g/ml), se versato in piccolissima quantità su una superficie di acqua possibilmente ferma in modo che non si producano miscelamenti dei componenti, si dispone in macchie di spessore approssimativamente monomolecolare. Quindi, conoscendo il volume di una goccia di acido oleico, e misurando la superficie della macchia formata dalla goccia, è possibile stimare il diametro delle molecole, e quindi il loro volume, ipotizzandole sferiche. Una volta ottenuto il volume di una molecola, tramite la densità si ricava il volume di una mole, e si stima il numero di Avogadro facendo il rapporto tra i due volumi. Per ottenere gocce sufficientemente piccole, viene utilizzato acido oleico diluito in alcool: l'alcool si scioglie in acqua, mentre l'acido oleico rimane a formare la macchia. Per poter vedere la macchia, la superficie dell'acqua viene cosparsa di talco.

#### APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE               | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|-----------------------------|--------------|---------|
| 1         | Recipiente (diametro 30 cm) |              |         |
| 1         | Pipetta contagocce          |              |         |
| 1         | Beker                       |              |         |
| 1         | Asta metrica                | 0,1 cm       | 50,0 cm |
|           | Acqua                       |              |         |
|           | Talco                       |              |         |
|           | Acido oleico                |              |         |

#### SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



**ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA:** un metodo per determinare il  $NA$ , utilizza la proprietà dell'acido oleico di espandersi sulla superficie dell'acqua in modo simmetrico formando un cerchio. L'espansione avviene poiché inizialmente le molecole di olio sono accatastate l'una sull'altra nella goccia; a contatto con l'acqua si forma un cilindro di olio che diminuisce di altezza man mano che si allarga.

Quando non si allarga più, si può ipotizzare che si sia pervenuti ad uno stato monomolecolare di olio; a questo punto l'ampiezza del cilindro ci fornisce una indicazione delle dimensioni della molecola. Conoscendo la massa molare dell'acido oleico, la sua densità e facendo delle ipotesi sulla forma della molecola, è possibile risalire al  $N_A$ , almeno come ordine di grandezza.

#### Fasi procedurali

- Preparare una soluzione di acido oleico, trascrivere la massa molecolare, la densità ed rapporto di diluizione
- Riempire il recipiente di acqua e cospargere uniformemente sulla sua superficie un sottile strato di talco
- Prelevare con la pipetta 5 ml di acido oleico diluito; gocciolare 1 ml di acido oleico diluito nel becher, registrando le gocce necessarie per ottenere 1 ml
- Effettuare diverse volte l'operazione ed annotare i valori rilevati per definire il valore medio corrispondente
- Lasciare cadere una goccia di acido oleico diluito nel recipiente; attendere che si stabilizzi e misurare il diametro della macchia che si forma. Ripetere più volte e il rilevamento e determinare il valore medio il diametro medio della goccia.

#### DATI E TABELLE:

Tab.1- elementi necessari per la determinazione del  $N_A$

| n gocce in un ml | Media | Diametro goccia (mm) | Media | $N_A$ |
|------------------|-------|----------------------|-------|-------|
|                  |       |                      |       |       |
|                  |       |                      |       |       |

#### ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:

##### Calcolo del volume della molecola di acido oleico

Per effettuare questo calcolo si deve ipotizzare per la molecola di acido oleico una forma geometrica ben definita. Eseguire i calcoli in 3 o 4 ipotesi:

- 1- Molecola cubica: l'altezza della macchia (h) coincide col lato del cubo, il volume della molecola è  $h^3$
- 2- Molecola sferica: l'altezza (h) diviso 2, dà il raggio della sfera il cui volume è  $\frac{4}{3}\pi r^3$
- 3- Molecola allungata: altri esperimenti hanno dimostrato che le molecole di acido oleico sono piuttosto allungate, con altezza circa 10 volte la base; le molecole si dispongono verticalmente come tanti stecchini verticali.

Dividendo l'altezza per 10 si ha la stima della dimensione lineare della base e quindi si calcola il volume, ipotizzando una molecola a forma di parallelepipedo a base quadrata oppure a forma cilindrica con base circolare.

Il numero di particelle contenute in una mole di acido oleico si calcola eseguendo il rapporto fra il volume molare ed il volume della singola molecola. Si trovano valori diversi riferiti al volume di una molecola che variano a seconda dell'ipotesi dimensionale applicata alla stessa. Il volume molare si determina dal rapporto tra la *massa molare* ( $m$ ) e la densità ( $d$ ) dell'acido oleico:

$$V_{\text{molare}} = \frac{m}{d};$$

quindi

$$N_A = \frac{V_{\text{mole}}}{V_{\text{molecola}}}$$

E' importante che le unità di misura siano coerenti in tutti i calcoli effettuati!

#### CONCLUSIONI:

I  $N_A$  ottenuti terranno conto del percorso ipotetico seguito e forniranno indicazioni confrontabili con i valori desunti dalle tabelle didattiche al fine di configurare quale metodo procedurale di elaborazione dati, sia più consono al sistema attuato sperimentalmente.

BIBLIOGRAFIA: Wikipedia-Il numero di Avogadro;

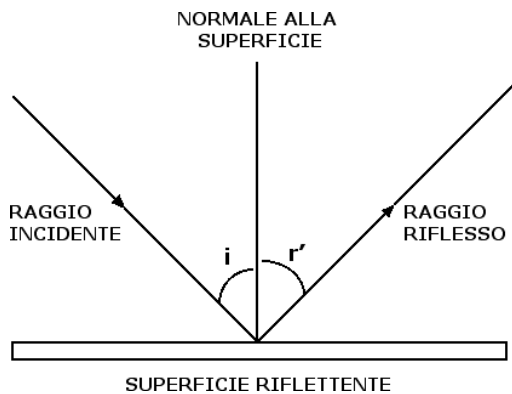
## 45 Ottica geometrica – Riflessione della luce (metodo degli spilli)

**SCOPO:** studiare le proprietà della luce attraverso esperienze sulla riflessione

**INTRODUZIONE:** Il termine **luce** (dal latino *lux*) si riferisce alla porzione dello spettro elettromagnetico visibile dall'occhio umano, approssimativamente compresa tra 400 e 700 nanometri di lunghezza d'onda, ovvero tra 790 e 435 THz di frequenza. Questo intervallo coincide con il centro della regione spettrale della luce emessa dal Sole che riesce ad arrivare al suolo attraverso l'atmosfera. I limiti dello spettro visibile all'occhio umano non sono uguali per tutte le persone, ma variano soggettivamente e possono raggiungere i 720 nanometri, avvicinandosi agli infrarossi, e i 380 nanometri avvicinandosi agli ultravioletti. La presenza contemporanea di tutte le lunghezze d'onda visibili, in quantità proporzionali a quelle della luce solare, forma la *luce bianca*.

La luce, come tutte le onde elettromagnetiche, interagisce con la materia. I fenomeni che più comunemente influenzano o impediscono la trasmissione della luce attraverso la materia sono: l'assorbimento, la diffusione (*scattering*), la riflessione speculare o diffusa, la rifrazione e la diffrazione. La riflessione diffusa da parte delle superfici, da sola o combinata con l'assorbimento, è il principale meccanismo attraverso il quale gli oggetti si rivelano ai nostri occhi, mentre la diffusione da parte dell'atmosfera è responsabile della luminosità del cielo. Sebbene nell'elettromagnetismo classico la luce sia descritta come un'onda, l'avvento della meccanica quantistica agli inizi del XX secolo ha permesso di capire che questa possiede anche proprietà tipiche delle particelle e di spiegare fenomeni come l'effetto fotoelettrico. Nella fisica moderna la luce (e tutta la radiazione elettromagnetica) viene composta da unità fondamentali, o quanti, di campo elettromagnetico chiamati fotoni.

Esistono due leggi che regolano la riflessione della luce, dovute a Cartesio. Per enunciarle faremo riferimento alla seguente figura:

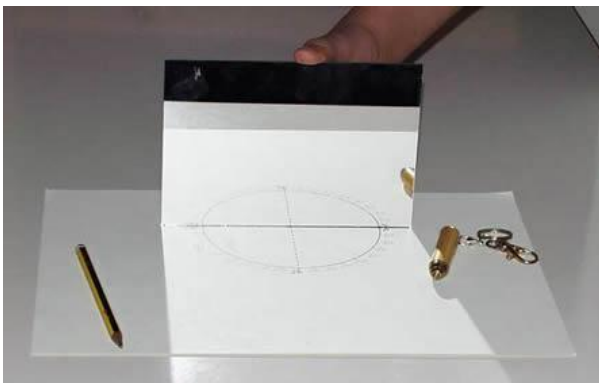


La prima legge della riflessione afferma che il raggio incidente, il raggio riflesso e la normale alla superficie riflettente giacciono sullo stesso piano, detto anche piano di incidenza. La seconda legge della riflessione afferma invece che l'angolo di incidenza  $i$  e l'angolo di riflessione  $r$  sono uguali tra loro:  $i = r$ , dove l'angolo di incidenza  $i$  è l'angolo che il raggio incidente forma con la normale alla superficie, mentre  $r$  è l'angolo che la normale alla superficie forma con il raggio riflesso.

#### APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE                       | SENSIBILITA'  | PORTATA     |
|-----------|-------------------------------------|---------------|-------------|
| 1         | Tavolozza con superficie di sughero |               |             |
| 1         | Foglio goniometrico prestampato     | $\pm 1^\circ$ | $360^\circ$ |
| 3         | Spilli                              |               |             |
| 1         | Superficie riflettente              |               |             |
| 1         | Asta metrica                        | 0,1 cm        | 50,0 cm     |
|           |                                     |               |             |
|           |                                     |               |             |
|           |                                     |               |             |

#### SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA: posizionare il foglio goniometrico sulla tavolozza con superficie di sughero; poggiare la superficie speculare sull'asse ottico con la faccia riflettente rivolta verso l'operatore. Piantare uno spillo nel centro del foglio, dalla



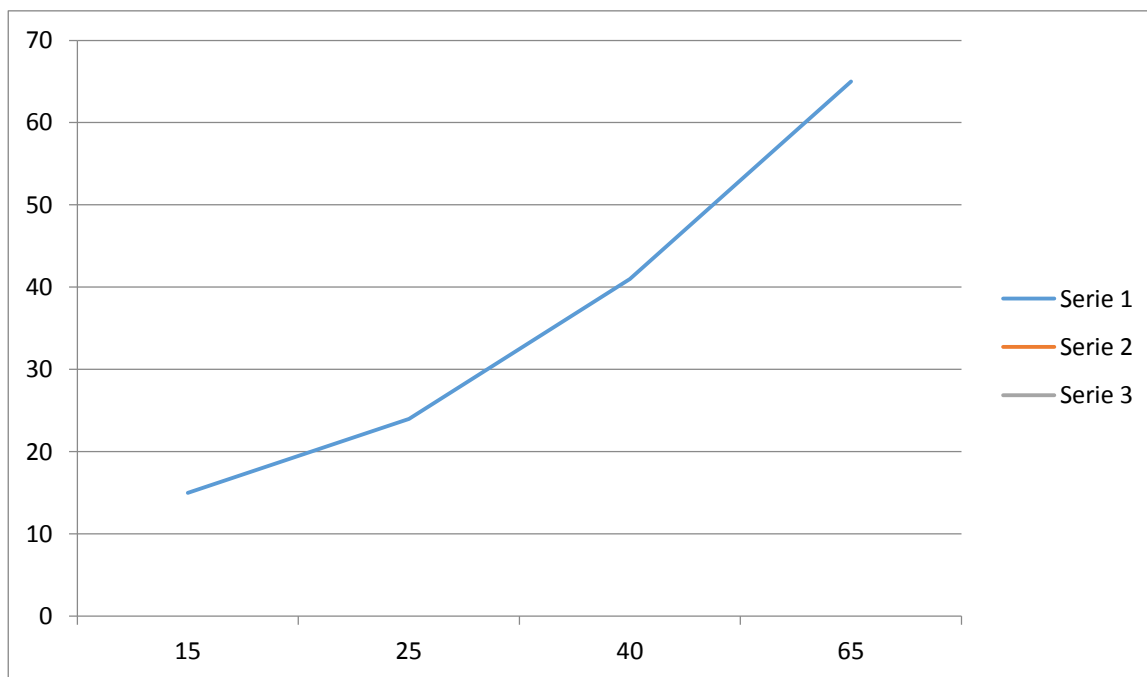
parte dell'osservatore a contatto con lo specchio. Fissare un secondo spillo sulla circonferenza esterna in maniera casuale; spostare lateralmente l'occhio, tralasciando rasente il piano e cercare una posizione del terzo spillo nel settore opposto, tale che le immagini risultino sovrapposte. Togliere gli spilli e tracciare i segmenti corrispondenti alla loro posizione sul foglio goniometrico; considerare il percorso ottico e verificare la validità della legge sulla riflessione. Ripetere l'esperimento per altri punti sulla circonferenza esterna.

**DATI E TABELLE:**

**Tab.1-** Dati riferiti alla prova di Laboratorio effettuata

| $\alpha$ incidente (°) | $\alpha$ riflesso (°) | $\alpha_i/\alpha_r$ |  |  |
|------------------------|-----------------------|---------------------|--|--|
| 15                     | 15                    | 1                   |  |  |
| 25                     | 24                    | 1,04                |  |  |
| 40                     | 41                    | 0,97                |  |  |
| 65                     | 65                    | 1                   |  |  |

**ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:**



**CONCLUSIONI:** la difficoltà incontrata di posizionamento della superficie speculare sul piano di incidenza e i rilevamenti dovuti all'imperizia dell'osservatore, hanno comunque portato ad una osservazione del fenomeno della riflessione tale da confortare il principio enunciato su cui si basa.

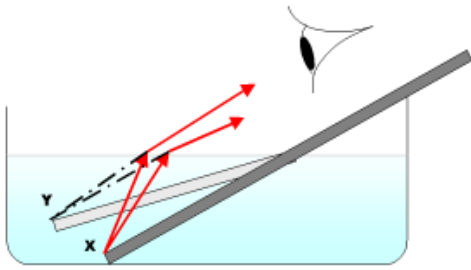
**BIBLIOGRAFIA:** OGF4-Esperimenti di Fisica- ottica- teoria della luce

### 46 Ottica geometrica – Rifrazione della luce (metodo degli spilli)

**SCOPO:** studiare le proprietà della luce attraverso esperienze sulla rifrazione

**INTRODUZIONE:** La **rifrazione** è la deviazione subita da un'onda che ha luogo quando questa passa da un mezzo ad un altro nel quale la sua velocità di propagazione cambia. La rifrazione della luce è l'esempio più comunemente osservato, ma ogni tipo di onda può essere rifratta, per esempio quando le onde sonore passano da un mezzo ad un altro o quando le onde dell'acqua si spostano a zone con diversa profondità.

In ottica, la rifrazione avviene quando una onda luminosa passa da un mezzo con un indice di rifrazione a un mezzo con un diverso indice di rifrazione. Sul bordo dei due mezzi, la velocità di fase dell'onda è modificata, cambia direzione e la sua lunghezza d'onda è aumentata o diminuita mentre la sua frequenza rimane costante. Per esempio, i raggi di luce si rifrangono quando entrano o escono dal vetro; la comprensione di questo concetto ha consentito l'invenzione delle lenti e del telescopio a rifrazione. La rifrazione può essere osservata guardando all'interno di un bicchiere pieno d'acqua. L'aria ha un indice di rifrazione di circa 1.0003, mentre l'acqua ha un indice di circa 1.33. Se si guarda un oggetto dritto, come una penna parzialmente immersa e inclinata, l'oggetto appare piegato dalla superficie dell'acqua. Cercheremo, adesso, di entrare nei dettagli per comprendere ciò che accade. L'estremità  $x$  della penna, interessata dall'energia radiante, si comporta come sorgente secondaria di radiazione ed emette raggi di luce in tutte le possibili direzioni dello spazio. Consideriamo adesso il percorso di due di questi raggi, quelli evidenziati, per l'appunto, in rosso in figura. Tali raggi, in corrispondenza alla superficie di discontinuità fra l'acqua e l'aria si piegano, allontanandosi dalla normale alla superficie condotta nel punto in cui i raggi stessi incidono. I raggi rifratti vengono catturati dall'occhio umano e l'intersezione dei loro prolungamenti determina un punto virtuale, indicato con  $y$  in figura, dal quale l'occhio umano ha la sensazione che provenga l'immagine. In altre parole, l'occhio dell'osservatore, non vede l'estremità  $x$  della penna, ma una sua immagine virtuale, ottenuta dal prolungamento dei due raggi rifratti.



La rifrazione è responsabile degli arcobaleni e della scomposizione della luce bianca nei colori dell'arcobaleno che avviene quando la luce passa attraverso un prisma. Il vetro ha un alto indice di rifrazione rispetto all'aria e le diverse frequenze della luce viaggiano a velocità diverse (dispersione), causando la rifrazione dei colori a diversi angoli, e quindi la scomposizione. La differenza nella frequenza corrisponde nella diversità della tonalità. Altri fenomeni ottici sono il miraggio e la fata Morgana. Questi sono causati dal cambiamento dell'indice di rifrazione in funzione della temperatura dell'aria. Recentemente sono stati sviluppati alcuni meta materiali che hanno un *indice di rifrazione negativo*.

#### APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE                       | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|-------------------------------------|--------------|---------|
| 1         | Semicilindro in plexiglass          |              |         |
| 1         | Foglio goniometrico                 |              |         |
| 1         | Tavolozza con superficie di sughero |              |         |
| 4         | Spilli                              |              |         |
| 1         | Asta metrica                        | 0,1 cm       | 50,0 cm |
|           |                                     |              |         |

#### SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA: disporre il foglio goniometrico sulla tavolozza e poggiare il semicilindro in plexiglass in modo che la sua parte rettilinea coincida con l'asse ottico. Puntare uno spillo nel centro del goniometro di fronte al semicilindro ed uno spillo nel punto sulla circonferenza esterna corrispondente alla normale al piano di incidenza. Traguardando attraverso il plexiglass piantare un terzo spillo

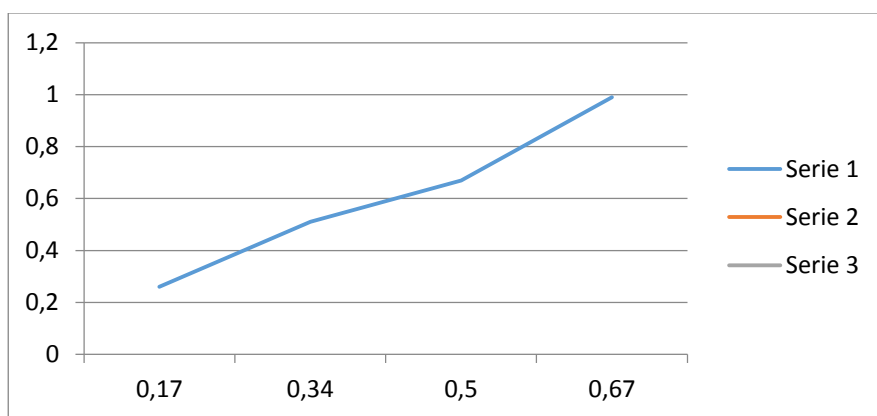
subito dietro la sua superficie curva quando lo si vedrà allineato con i primi due ed il quarto spillo si pianterà sulla circonferenza esterna del goniometro in maniera tale da verificarsi un allineamento con gli altri tre. Successivamente si posizioni lo spillo incidente con angoli diversi e si proceda analogamente con il puntamento degli altri due corrispondenti come fatto in precedenza. Tracciare i segmenti relativi all'angolo di incidenza e quello di rifrazione e verificare come il raggio rifratto tenda ad allontanarsi dalla normale alla superficie di separazione dei due mezzi; questo significa che l'angolo di rifrazione  $r$  sarà sempre maggiore dell'angolo di incidenza  $i$ . aumentando l'angolo di incidenza, l'angolo di rifrazione tende a  $90^\circ$ , dopo di che viene completamente riflesso. Si dice angolo limite di una sostanza il valore di un angolo di incidenza corrispondente ad un angolo di rifrazione di  $90^\circ$ . Quando l'angolo di incidenza è maggiore dell'angolo limite, si ha il fenomeno della riflessione totale.

#### DATI E TABELLE:

Tab.1- dati riferiti alla prova di Laboratorio

| $\alpha$ incid.(°) | $\beta$ rifr.(°) | $\text{sen}\alpha$ | $\text{sen}\beta$ | $\text{sen}\alpha/\text{sen}\beta$ |
|--------------------|------------------|--------------------|-------------------|------------------------------------|
| 10                 | 15               | 0,17               | 0,26              | 0,65                               |
| 20                 | 31               | 0,34               | 0,51              | 0,66                               |
| 30                 | 48               | 0,5                | 0,74              | 0,67                               |
| 60                 | 88               | 0,67               | 0,99              | 0,67                               |
|                    |                  |                    |                   |                                    |

#### ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:



**CONCLUSIONI:** dai dati sperimentali ottenuti abbiamo potuto verificare la validità delle regole sulla rifrazione ed in particolare abbiamo trovato l'angolo limite che per questo particolare oggetto semicilindrico da noi utilizzato, risulta essere prossimo ai  $60^\circ$  riferiti al raggio incidente

**BIBLIOGRAFIA:** OGF 4- Esperimenti di Fisica- Ottica- teoria della luce

# LABORATORIO DI FISICA

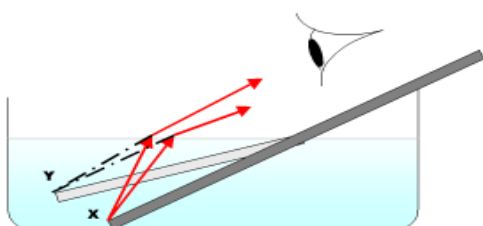
Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 47 Ottica geometrica – Rifrazione della luce (metodo con proiettore)

**SCOPO:** studiare le proprietà della luce attraverso esperienze sulla rifrazione

**INTRODUZIONE:** La **rifrazione** è la deviazione subita da un'onda che ha luogo quando questa passa da un mezzo ad un altro nel quale la sua velocità di propagazione cambia. La rifrazione della luce è l'esempio più comunemente osservato, ma ogni tipo di onda può essere rifratta, per esempio quando le onde sonore passano da un mezzo ad un altro o quando le onde dell'acqua si spostano a zone con diversa profondità.

In ottica, la rifrazione avviene quando una onda luminosa passa da un mezzo con un indice di rifrazione a un mezzo con un diverso indice di rifrazione. Sul bordo dei due mezzi, la velocità di fase dell'onda è modificata, cambia direzione e la sua lunghezza d'onda è aumentata o diminuita mentre la sua frequenza rimane costante. Per esempio, i raggi di luce si rifrangono quando entrano o escono dal vetro; la comprensione di questo concetto ha consentito l'invenzione delle lenti e del telescopio a rifrazione. La rifrazione può essere osservata guardando all'interno di un bicchiere pieno d'acqua. L'aria ha un indice di rifrazione di circa 1.0003, mentre l'acqua ha un indice di circa 1.33. Se si guarda un oggetto dritto, come una penna parzialmente immersa e inclinata, l'oggetto appare piegato dalla superficie dell'acqua. Cercheremo, adesso, di entrare nei dettagli per comprendere ciò che accade. L'estremità  $x$  della penna, interessata dall'energia radiante, si comporta come sorgente secondaria di radiazione ed emette raggi di luce in tutte le possibili direzioni dello spazio. Consideriamo adesso il percorso di due di questi raggi, quelli evidenziati, per l'appunto, in rosso in figura. Tali raggi, in corrispondenza alla superficie di discontinuità fra l'acqua e l'aria si piegano, allontanandosi dalla normale alla superficie condotta nel punto in cui i raggi stessi incidono. I raggi rifratti vengono catturati dall'occhio umano e l'intersezione dei loro prolungamenti determina un punto virtuale, indicato con  $y$  in figura, dal quale l'occhio umano ha la sensazione che provenga l'immagine. In altre parole, l'occhio dell'osservatore, non vede l'estremità  $x$  della penna, ma una sua immagine virtuale, ottenuta dal



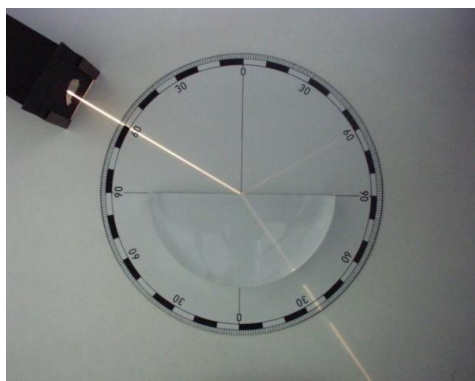
prolungamento dei due raggi rifratti.

La rifrazione è responsabile degli arcobaleni e della scomposizione della luce bianca nei colori dell'arcobaleno che avviene quando la luce passa attraverso un prisma. Il vetro ha un alto indice di rifrazione rispetto all'aria e le diverse frequenze della luce viaggiano a velocità diverse (dispersione), causando la rifrazione dei colori a diversi angoli, e quindi la scomposizione. La differenza nella frequenza corrisponde nella diversità della tonalità. Altri fenomeni ottici sono il miraggio e la fata Morgana. Questi sono causati dal cambiamento dell'indice di rifrazione in funzione della temperatura dell'aria. Recentemente sono stati sviluppati alcuni meta materiali che hanno un *indice di rifrazione negativo*.

APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE                       | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|-------------------------------------|--------------|---------|
| 1         | Semicilindro in plexiglass          |              |         |
| 1         | Foglio goniometrico                 |              |         |
| 1         | Tavolozza con superficie di sughero |              |         |
| 1         | Proiettore                          |              |         |
| 1         | Generatore di corrente              |              |         |
| 1         | Asta metrica                        | 0,1 cm       | 50,0 cm |
| 1         | Diaframma con una fenditura         |              |         |

SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



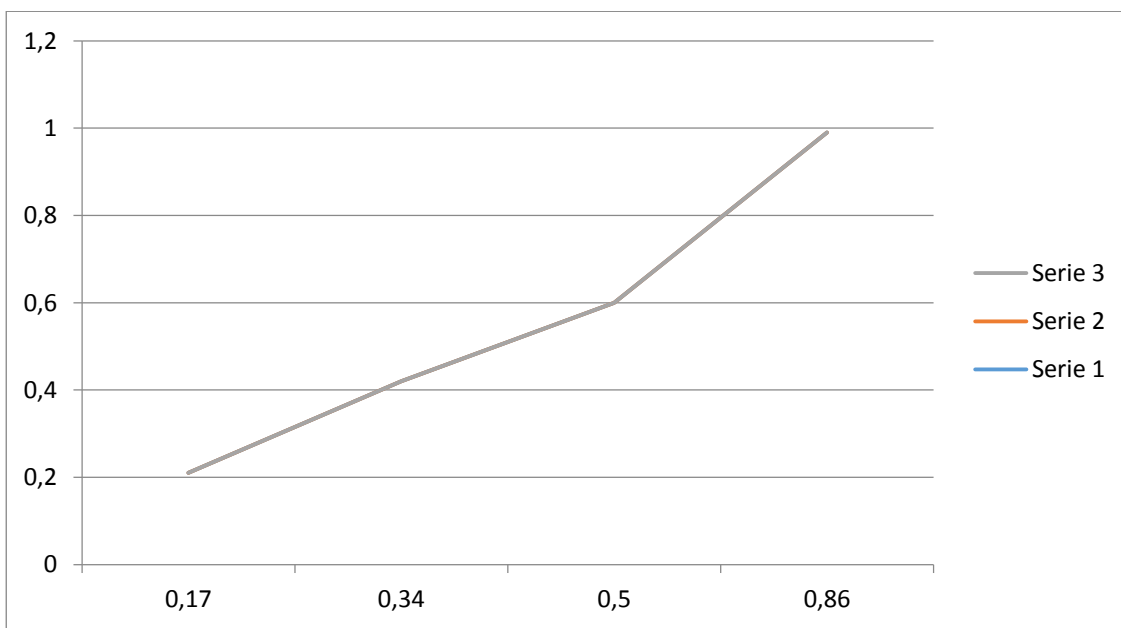
ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA: poggiare il foglio goniometrico sul piano della tavolozza con superficie in sughero e posizionare il semicilindro in plexiglass in modo che la sua parte rettilinea coincida con il piano di incidenza. Predisporre il proiettore con una fenditura in modo da ottenere un raggio ben definito; adeguare la sua posizione in modo che risulti facile identificare l'angolo del raggio incidente. Annotare angolo di incidenza e di rifrazione ed effettuare più prove con diverse angolature. Posizionare successivamente il proiettore dalla parte opposta e verificare la possibilità dell'invertibilità del cammino ottico nella rifrazione. Tutte queste esperienze vanno condotte in ambiente oscurato per meglio rendere visibile il fenomeno.

## DATI E TABELLE:

Tab.1- dati riferiti alla prova di Laboratorio effettuata

| $\alpha$ incid.(°) | $\beta$ rifr.(°) | $\text{sen}\alpha$ | $\text{sen}\beta$ | $\text{sen}\alpha/\text{sen}\beta$ |
|--------------------|------------------|--------------------|-------------------|------------------------------------|
| 10                 | 12               | 0,17               | 0,21              | 0,80                               |
| 20                 | 25               | 0,34               | 0,42              | 0,81                               |
| 30                 | 37               | 0,5                | 0,60              | 0,83                               |
| 60                 | 88               | 0,86               | 0,99              | 0,87                               |
|                    |                  |                    |                   |                                    |

## ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:



**CONCLUSIONI:** la difficoltà più rilevante è quella di individuare con una certa precisione la retta d'azione del raggio incidente in quanto non risulta semplice indirizzarlo nel punto preciso costituito dall'intersezione tra il piano di incidenza e la normale al piano stesso. Altra difficoltà è quella del rilevamento goniometrico sia del raggio incidente che di quello rifratto in quanto entrambi assumono caratteristiche dimensionali non proprio tipiche del raggio ma del pennello luminoso. Ci siamo avvicinati gradualmente all'angolo limite caratteristica tipica di ogni sostanza, che abbiamo rilevato essere di circa  $60^\circ$ , oltre il quale non abbiamo più assistito alla rifrazione ma alla riflessione totale.

**BIBLIOGRAFIA:** Wikipedia- ottica-rifrazione

## 48 Ottica geometrica – Caratteristiche delle lenti

**SCOPO: studiare le proprietà delle lenti attraverso esperienze di Laboratorio**

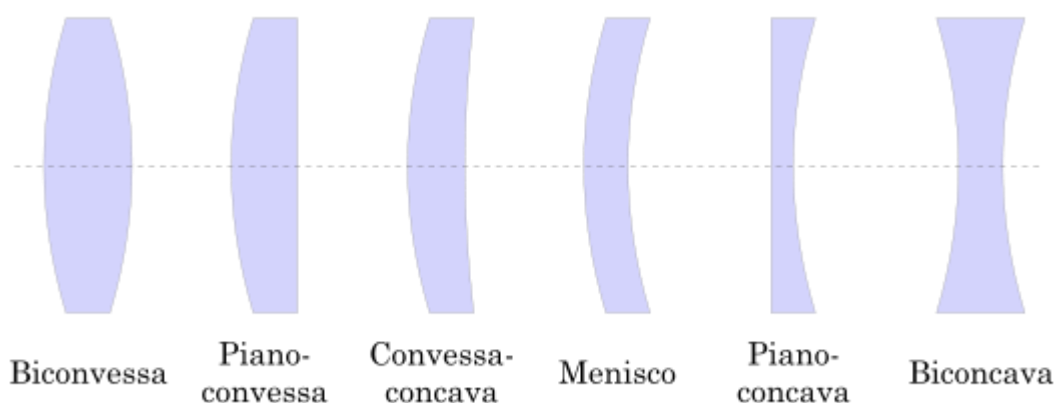
**INTRODUZIONE:** Una **lente** è un elemento ottico che ha la proprietà di concentrare o di far divergere i raggi di luce. Grazie a questa proprietà può formare immagini, reali o "virtuali", di oggetti. Normalmente è realizzata in vetro o materiali plastici. Esistono anche dispositivi analoghi, che operano su altre bande dello spettro elettromagnetico o altre forme di radiazione, comunque chiamati lenti. L'evidenza archeologica di lenti il cui uso è riconducibile all'ottica, che cioè non sono state classificate come elementi decorativi, risale al VII Secolo a.C. La lente piano convessa di Nimrud rappresenta la prima evidenza archeologica della fabbricazione di lenti. Fu scoperta a Nimrud da Austen Henry Layard nella sala del trono del palazzo di Sargon II. Il fatto che il re assiro abbia usurpato il regno a Salmanassar V nel 721 a.C. consente una datazione abbastanza precisa dell'oggetto. La lente è oggi esposta al British Museum. È in corso una disputa accademica sul suo uso: semplice lente di ingrandimento, come ritenne Layard, monocolo per la correzione della vista oppure lente di un telescopio. Nel 1983 nella grotta del Monte Ida a Creta sono state rinvenute due lenti di ingrandimenti di buona fattura ottenute tagliando in forma piano convessa cristalli di rocca. La loro buona costruzione ne consente l'uso come lenti di ingrandimento: una di esse con diametro di 8 mm ha un ingrandimento utile di 7X. La loro datazione anche se abbastanza incerta viene situata attorno al VI Secolo a.C. Al Museo archeologico di Rodi è esposto un reperto proveniente da Ialiso e datato tra il VII ed il VI secolo a.C. che consiste di una serie di tre lenti realizzate in cristallo di rocca ed incastonate in cornici di bronzo dotate di una piccola protuberanza che ne consente la presa. Le lenti di diverso potere diottrico sono piano-convexe ed hanno un diametro di circa 1,5 cm. Le cornici di bronzo riportano simboli che consentono l'identificazione dell'ingrandimento della lente. Sarebbero state utilizzate per lavori di oreficeria e per l'incisione di sigilli. Le prime informazioni scritte sull'uso di lenti risalgono all'antica Grecia, grazie alla commedia *Le nuvole* di Aristofane (424 a.C.), in cui si fa menzione della lente come strumento per concentrare i raggi solari e accendere il fuoco. Plinio il vecchio riferisce che le lenti per accendere il fuoco erano note ai tempi dell'impero romano e ne menziona il primo uso come strumento di correzione ottica: durante i giochi, Nerone guardava i gladiatori attraverso uno smeraldo di sezione concava, presumibilmente per correggere una miopia. Seneca descrive l'effetto ingrandente di un recipiente sferico di vetro pieno d'acqua. Il matematico arabo Alhazen, intorno all'anno 1000 scrisse il



primo grande trattato di ottica, in cui descrive come nell'occhio umano il cristallino formi un'immagine sulla retina. L'utilizzo comune delle lenti non si ha comunque fino all'invenzione degli occhiali, probabilmente avvenuta in Italia intorno al 1280.

Si chiama lente un mezzo omogeneo trasparente limitato da due superfici sferiche, immerso in un altro mezzo. Il tipo più comune è rappresentato dalle **lenti sferiche**, caratterizzate dall'avere le due superfici opposte costituite idealmente da porzioni di superfici sferiche con raggi di curvatura  $R_1$  e  $R_2$ . Il segno di  $R_1$  determina la forma della superficie: se  $R_1$  è positivo la superficie è *convessa*, se negativo la superficie è *concava*, se  $R_1$  è zero la superficie è piatta. Lo stesso vale per la superficie opposta lungo il cammino ottico, ma con i segni invertiti.

La linea passante per i centri delle sfere ideali e generalmente passante anche per il centro geometrico della lente è detta *asse*.



Le lenti sono classificate secondo la curvatura delle due superfici:

- *biconvessa* o semplicemente *convessa* se entrambe sono convesse,
- *biconcava* o *concava* se entrambe sono concave,
- *piano-convessa* se una è piatta e l'altra convessa,
- *piano-concava* se una è piatta l'altra è concava,
- *concavo-convessa* se sono una concava e una convessa.

APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE          | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|------------------------|--------------|---------|
| 1         | Lente convessa         |              |         |
| 1         | Lente concava          |              |         |
| 1         | Foglio goniometrico    |              |         |
| 1         | Proiettore             |              |         |
| 1         | Generatore di corrente |              |         |
| 1         | Asta metrica           | 0,1 cm       | 50,0 cm |



ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:

CONCLUSIONI: dalla esperienza di laboratorio effettuata utilizzando le lenti a nostra disposizione, abbiamo potuto osservare alcune loro tipiche caratteristiche e valutare la validità degli enunciati scientifici correlati. Nel caso dell'impiego delle lenti convergenti e divergenti, le immagini descrittive dei testi trovano così riscontro nella realtà documentale dell'esperimento svolto.

BIBLIOGRAFIA: Wikipedia- lenti

# LABORATORIO DI FISICA

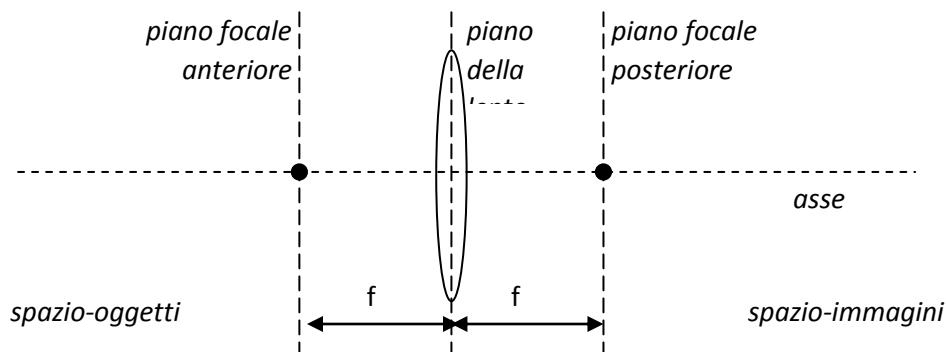
Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 49 Ottica geometrica – Relazioni dimensionali fra oggetto e immagine

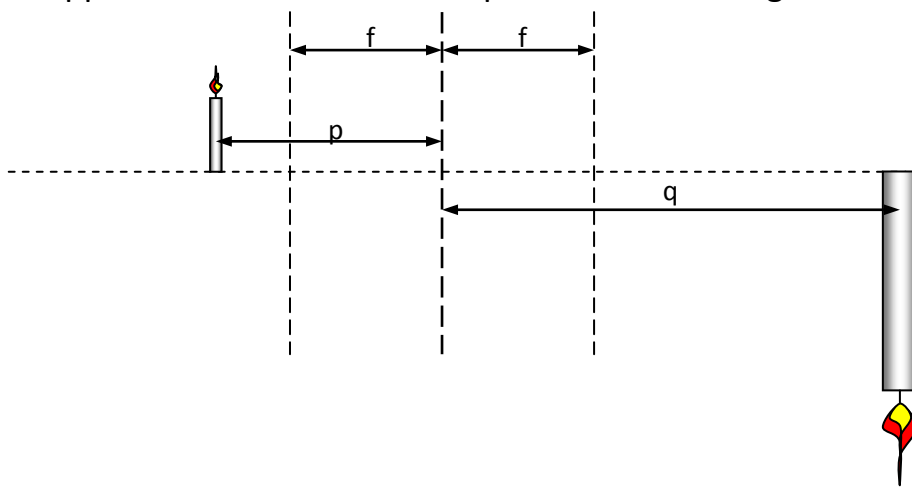
**SCOPO:** studiare le proprietà delle lenti in particolari condizioni di utilizzo

**INTRODUZIONE:** Considerata una lente sottile biconvessa simmetrica, definiamo il **piano della lente** come quel piano su cui giace il bordo rotondo della lente, e che la divide in due metà di ugual forma, simmetriche rispetto al piano stesso.

Consideriamo altresì **l'asse ottico** come quella retta perpendicolare al piano della lente che passa per il centro della lente stessa. Indichiamo il semispazio a sinistra della lente come *spazio-oggetti* e quello alla destra della lente come *spazio-immagini*. Indichiamo con  $f$  la **lunghezza focale** della lente (o più brevemente la *focale*), che corrisponde alla distanza a cui la lente farà convergere in un unico punto un fascio di raggi paralleli tra loro (come ad esempio i raggi del sole) e paralleli all'asse ottico. Indichiamo sull'asse ottico due punti simmetrici rispetto al piano della lente, posti a distanza  $f$  da quello stesso piano. I piani passanti per quei punti e paralleli al piano della lente vengono definiti rispettivamente piano focale anteriore (nello spazio-oggetti) e piano focale posteriore (nello spazio-immagini).



Definiamo ora un oggetto nello spazio-oggetti, posto ad una distanza  $p$  dal piano della lente, e supponiamo che la lente ne proietti una immagine a distanza  $q$  del

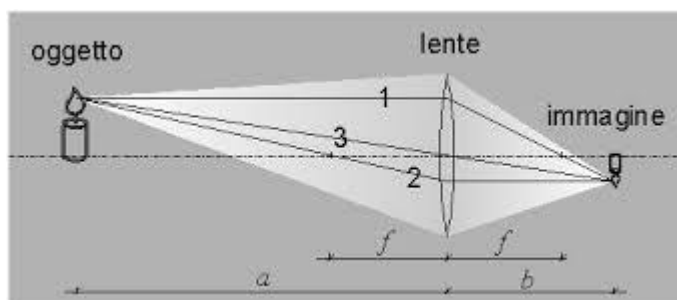


medesimo piano, ma nello spazio-immagini. Nel disegno seguente l'immagine è reale, capovolta, ingrandita.

#### APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE                       | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|-------------------------------------|--------------|---------|
| 1         | Lente convessa ( $f=15\text{ cm}$ ) |              |         |
| 1         | Supporto per lente                  |              |         |
| 2         | Stativo                             |              |         |
| 1         | Piattello porta candela             |              |         |
| 1         | Candela                             |              |         |
| 1         | Accendino                           |              |         |
| 1         | Asta metrica                        | 0,1 cm       | 50,0 cm |
| 1         | Schermo bianco                      |              |         |

#### SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA: volgere la lente ( $f=15\text{ cm}$ ) verso una sorgente di luce molto lontana (Sole) ed indirizzare l'immagine posteriore verso lo schermo; con una opportuna regolazione della distanza lente-schermo, si ottiene una immagine nitida, piccolissima, reale, capovolta e si trova nel fuoco della lente (l'eventuale errore rilevato può dipendere dalla distanza candela-lente, lente-schermo e dal loro allineamento).

- 1- Proiezione dell'oggetto (candela) posto alla doppia distanza focale dalla lente. Predisporre un banco ottico utilizzando gli stativi a disposizione; posizionare l'oggetto (candela) a doppia distanza focale dalla lente e lo schermo alla stessa distanza. Si ottiene una immagine reale, capovolta, delle stesse dimensioni.
- 2- Proiezione dell'oggetto posto fra il fuoco e la doppia distanza focale. Spostare l'oggetto (candela) in posizione più prossima alla lente tra il fuoco e la doppia distanza focale. L'immagine che si ottiene è capovolta, reale e ingrandita.
- 3- Proiezione dell'oggetto posto oltre la doppia distanza focale. Spostare l'oggetto in posizione oltre la doppia distanza focale e verificare il comportamento dell'immagine. Questa sarà reale, capovolta, rimpicciolita.

4- Proiezione dell'oggetto posto sul fuoco della lente. Porsi con la candela a distanza 15 cm dalla lente; l'immagine che si forma sarà grande ad una distanza infinita

DATI E TABELLE:

Tab.1- dati

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:

CONCLUSIONI: a seconda della posizione reciproca tra l'oggetto, la lente e lo schermo, si potranno ottenere immagini con caratteristiche dimensionali molto diverse tra loro.

BIBLIOGRAFIA: Wikipedia- lenti

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 50 Ottica geometrica-Misura della lunghezza d'onda con il laser

**SCOPO: verificare la validità dell'esperimento di Young**

**INTRODUZIONE:** In origine la luce fu ritenuta da Newton di natura corpuscolare, motivando la realizzazione di esperimenti che cercassero la conferma di tale ipotesi. All'inizio dell'Ottocento appariva invece sempre più suggestiva l'idea che fosse composta da onde, e per questa ragione nel 1801 Young concepì un esperimento, basato su due sorgenti luminose e due fenditure, che ne metteva in evidenza in maniera inequivocabile la natura ondulatoria. I successivi sviluppi teorici, dovuti essenzialmente a Maxwell, con la formulazione delle equazioni che descrivono la luce come onda elettromagnetica, sembravano aver definitivamente chiuso la questione. Agli inizi del Novecento, dopo che Planck ebbe formulato il corretto comportamento di un corpo nero, iniziarono però a comparire le prime contraddizioni, in quanto in certe situazioni, come messo in evidenza nel 1905 da Einstein con l'ipotesi del fotone nell'effetto fotoelettrico, la luce si comportava decisamente come composta da particelle. Gli esperimenti di Millikan del 1916 dimostrarono la correttezza dell'ipotesi fotonica, che fu poi definitivamente confermata dalla scoperta dell'effetto Compton nel 1922. Questo creò nella fisica una situazione problematica in quanto la luce sembrava presentare una sorta di dualismo, apparendo come onda o particella in esperimenti diversi. La difficoltà venne in qualche modo generalizzata da De Broglie nel 1924, con l'ipotesi che tutta la materia manifestasse tale dualismo, aprendo così le porte al superamento del problema con lo sviluppo della meccanica quantistica. La prova sperimentale di tale "strano" comportamento venne ottenuta nel 1927 da Davisson e Germer, che osservarono figure di diffrazione facendo attraversare un cristallo di nichel da un fascio di elettroni. Scaturiva da ciò la possibilità di utilizzare fasci di particelle per eseguire esperimenti di interferenza con due fenditure, proprio come Young aveva fatto con la luce.

### APPARATO SPERIMENTALE

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE        | SENSIBILITA' | PORTATA  |
|-----------|----------------------|--------------|----------|
| 1         | Stativo per Laser    |              |          |
| 1         | Carter per fenditure |              |          |
| 1         | Doppia fenditura     |              |          |
| 1         | Schermo              |              |          |
| 1         | Fettuccia metrica    | 0,1 cm       | 300,0 cm |

## SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA: si sistemi opportunamente il Laser sull'apposito stativo e se ne consolidi la stabilità. Posizionare il carter con la doppia fenditura ad adeguata distanza dalla sorgente luminosa e lo schermo a circa 6,5 metri da tale diaframma. Accendere il Laser ed osservare il fenomeno corrispondente sullo schermo; rilevare la misura delle frange d'interferenza (per ottenere un valore più preciso, è opportuno misurare dalla frangia centrale, la distanza fra due zone luminose a sinistra e due zone luminose a destra e dividere il valore così ottenuto per 4). Nota la distanza  $D$  fra le due fenditure, la distanza relativa fra queste e lo schermo, la misura  $\Delta$  delle frange d'interferenza, è possibile calcolare la lunghezza d'onda del rosso.

$$\lambda = \frac{\Delta \cdot D}{L};$$

DATI E TABELLE: Tab.1-dati relativi ai valori rilevati sperimentalmente

|  | $\Delta$ (m)        | $D$ (m)             | $L$ (m) | $\lambda$ (m)       |
|--|---------------------|---------------------|---------|---------------------|
|  | $1,8 \cdot 10^{-2}$ | $2,5 \cdot 10^{-4}$ | 6,5     | $6,9 \cdot 10^{-7}$ |
|  |                     |                     |         |                     |
|  |                     |                     |         |                     |

ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:

$$\lambda = \frac{\Delta \cdot D}{L}; \lambda = \frac{1,8 \cdot 10^{-2} \cdot 2,5 \cdot 10^{-4}}{6,5} = 6,9 \cdot 10^{-7} \text{ (m)}$$

CONCLUSIONI: il valore trovato sperimentalmente è in linea con gli indicatori desunti dai testi scientifici

BIBLIOGRAFIA:Wikipedia-esperimento di Young;



# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 51 Ottica geometrica-Determinazione della velocità della luce

**SCOPO:** determinare la velocità della luce secondo il metodo di Foucault

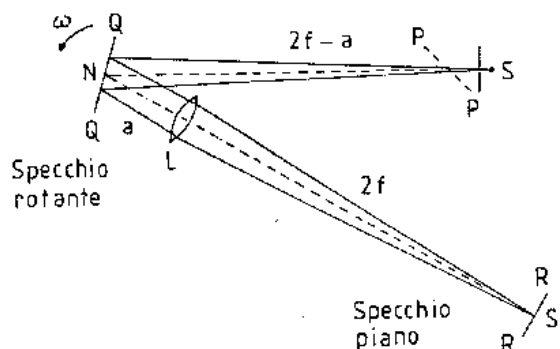
**INTRODUZIONE:** In origine la luce fu ritenuta da Newton di natura corpuscolare, motivando la realizzazione di esperimenti che cercassero la conferma di tale ipotesi. All'inizio dell'Ottocento appariva invece sempre più suggestiva l'idea che fosse composta da onde, e per questa ragione nel 1801 Young concepì un esperimento, basato su due sorgenti luminose e due fenditure, che ne metteva in evidenza in maniera inequivocabile la natura ondulatoria. I successivi sviluppi teorici, dovuti essenzialmente a Maxwell, con la formulazione delle equazioni che descrivono la luce come onda elettromagnetica, sembravano aver definitivamente chiuso la questione. Agli inizi del Novecento, dopo che Planck ebbe formulato il corretto comportamento di un corpo nero, iniziarono però a comparire le prime contraddizioni, in quanto in certe situazioni, come messo in evidenza nel 1905 da Einstein con l'ipotesi del fotone nell'effetto fotoelettrico, la luce si comportava decisamente come composta da particelle. Gli esperimenti di Millikan del 1916 dimostrarono la correttezza dell'ipotesi fotonica, che fu poi definitivamente confermata dalla scoperta dell'effetto Compton nel 1922. Questo creò nella fisica una situazione problematica in quanto la luce sembrava presentare una sorta di dualismo, apparendo come onda o particella in esperimenti diversi. La difficoltà venne in qualche modo generalizzata da De Broglie nel 1924, con l'ipotesi che tutta la materia manifestasse tale dualismo, aprendo così le porte al superamento del problema con lo sviluppo della meccanica quantistica. La prova sperimentale di tale "strano" comportamento venne ottenuta nel 1927 da Davisson e Germer, che osservarono figure di diffrazione facendo attraversare un cristallo di nichel da un fascio di elettroni. Scaturiva da ciò la possibilità di utilizzare fasci di particelle per eseguire esperimenti di interferenza con due fenditure, proprio come Young aveva fatto con la luce.

**APPARATO SPERIMENTALE:**

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE       | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|---------------------|--------------|---------|
| 2         | Stativo             |              |         |
| 1         | Specchio girevole   |              |         |
| 1         | Carter per lampada  |              |         |
| 1         | Trasformatore 2-12V |              |         |

|   |                                |        |           |
|---|--------------------------------|--------|-----------|
| 1 | Fettuccia metrica              | 0,1 cm | 1000,0 cm |
| 1 | Fessura regolabile             |        |           |
| 1 | Riga di vetro                  |        |           |
| 1 | Lastrino di vetro              |        |           |
| 1 | Specchio a superficie trattata |        |           |
| 1 | Lente di proiezione            |        |           |
| 1 | Diapason                       |        |           |
| 2 | Asta 25 cm                     |        |           |
| 1 | Asta 50 cm                     |        |           |
| 1 | Reostato                       |        |           |

#### SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA: si fissi la lente di proiezione ( $f=5m$ ) e lo specchio a superficie trattata alle aste da 25 cm di lunghezza. Si introduca ognuno di queste aste nel foro al vertice di un piede di sostegno avendo cura che esse sporgano di poco al di sotto del foro in modo da servire quale punto d'appoggio. Gli altri due punti d'appoggio del piede sono dati dalle viti calanti. Allo stesso modo si fissi il motore con lo specchio girevole ad un asta da 50 cm di lunghezza. Per il montaggio senza specchio di riflessione gli apparecchi vengono posti su tre tavoli nel modo seguente:

- TAV 1 piccolo banco d'ottica con sorgente luminosa, lente ( $F=100mm$ ) e fessura regolabile. Si sfilì al massimo il carter della lampada e con la lente si proietti il filamento in posizione verticale, su una parete distante 5 metri. Direttamente dietro la lente si posizioni una struttura di fissaggio per fessura e ulteriore lente ( $F=5m$ ).
- TAV2 si posizioni lo specchio girevole a circa 5 metri di distanza dalla fessura
- TAV3 specchio a superficie trattata a circa 10 m dalla lente di proiezione.

La prima operazione atta all'aggiustamento ottico serve a regolare la distanza tra lo specchio girevole e la lente di proiezione mediante auto collimazione. Lo

specchio girevole viene illuminato con la lampada e la lente di condensazione ( $F=100\text{mm}$ ) e quindi ruotato con la chiave di regolazione fino a che la luce riflessa cada al centro della lente di proiezione a distanza 5 m. a breve distanza dietro questa lente, si ponga lo specchio a superficie trattata e lo si aggiusti in modo che il fascio di luce da lui riflesso abbozzi a lato dello specchio girevole un'immagine di quest'ultimo. Si cerchi la posizione dell'immagine a fuoco (tenendo uno spillo davanti allo specchio girevole) e si sposti lo specchio girevole sino a che questo e l'immagine si trovino alla medesima distanza dalla lente. con questo procedimento si è fissata la posizione dello specchio girevole e della lente. Lo specchio finale deve trovarsi a doppia distanza focale dalla lente; per il controllo occorre montare per breve tempo la fessura. Quando il fascio di luce proveniente dallo specchio girevole cade al centro della lente di proiezione, al centro dello specchio finale deve apparire una chiara immagine della fessura (controllare con un pezzo di carta bianca ed uno spillo davanti alla fessura e, se necessario, spostare lo specchio finale). Se si ritiene, correggere la posizione del carter della lampada in modo da ottenere una migliore luminosità dell'immagine. Ottenuta questa immagine si orienti la superficie dello specchio agendo sulle viti calanti del suo piede d'appoggio in maniera che il fascio di luce riflessa passi nuovamente per il centro della lente. Un foglio di carta bianca posto davanti alla lente in modo da coprirne la metà orizzontale, facilita notevolmente questa messa a punto. Si controlli poi la posizione dello specchio finale con l'aiuto dello specchio girevole e poi la si fissi definitivamente. Sullo specchio girevole deve essere riflessa la sua stessa immagine; questa può essere evidenziata introducendo nel fascio luminoso direttamente davanti allo specchio girevole, un pezzetto di carta. Piccoli aggiustamenti dello specchio finale, permettono quindi una precisa sovrapposizione dello specchio con la sua immagine. L'operazione successiva consiste nel montaggio della riga in vetro e dell'oculare. La posizione dei piedi di sostegno e dei relativi accessori, non deve più essere variata. Si monti la fessura regolabile e davanti a questa alla distanza di 10/15 cm e formante con essa un angolo di  $45^\circ$ , si fissi sul piccolo banco d'ottica una lastrina di vetro ben pulita, montata su un supporto con molle. Sullo stelo di questo supporto si fissi un'asta da 50 cm ed a questa un altro supporto con molle sul quale è stata montata la riga di vetro. Rispetto al fascio di luce riflesso dalla piastrina di vetro obliqua, la riga di vetro deve coincidere con l'immagine a fuoco della fessura; se l'aggiustamento è esatto, la riga di vetro e la fessura devono perciò trovarsi ad una distanza uguale dalla piastrina di vetro obliqua. L'immagine della fessura ora regolata a ca. 0,5mm, appare doppia. Essa viene osservata con una seconda lente  $F=100\text{mm}$ , agente da oculare. Un diaframma ad iride sulla pupilla d'uscita (immagine dello specchio girevole, ca. 100mm dietro la lente oculare) rende più facile posizionare l'occhio nell'esatto punto d'osservazione ed elimina inoltre la dispersione della luce che disturba la visione del fenomeno. Si regoli la riga di vetro in modo che la mezzera della doppia immagine riflessa dalla lastrina cada su una suddivisione della scala

millimetrica. Si inserisca un reostato in serie con il motore e si regoli la velocità di rotazione a zero battimenti con il diapason (440Hz). Con questa frequenza di rotazione si misuri la deviazione  $s$  dell'immagine. Poiché la distanza focale della lente non è proprio 5000mm, si deve misurare tale valore  $f$ .

La velocità della luce si calcola con la seguente formula:

$$c = \frac{24f^2 \cdot n \cdot \pi}{s}; \text{ (m/sec)}$$

DATI E TABELLE:

Tab.1-dati relativi ai valori rilevati sperimentalmente

| $f(m)$ | $n(\text{giri/min})$ | $s(m)$ | $c(m/sec)$  |  |
|--------|----------------------|--------|-------------|--|
| 5,00   | 466,66               | 0,003  | 299.792.458 |  |
|        |                      |        |             |  |
|        |                      |        |             |  |

ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:

$$c = \frac{24 \cdot 4,99^2 \cdot 466,66 \cdot 3,14}{0,003} = 299792458 \text{ m/sec}$$

CONCLUSIONI: il montaggio delle apparecchiature si è dimostrato estremamente complicato e minuzioso nel posizionamento delle varie componenti. A lato del sistema di proiezione è stato montato uno schermo non previsto dai fogli tecnici procedurali per facilitare l'osservazione del raggio riflesso dallo specchio girevole schermandolo così la luce proveniente dal carter per lampada installato lì vicino. La collimazione tra il raggio incidente proveniente dallo specchio girevole ed il raggio riflesso che parte dallo specchio a superficie trattata, deve essere fatta da due persone, una posta in prossimità della lente  $f=5m$  e l'altra vicina all'ultimo specchio riflettente montato su basamento con viti di regolazione attraverso le quali si procede per ottenere il posizionamento desiderato. I dati ottenuti hanno fornito indicazioni utili molto prossime al riscontro dei valori desunti dai testi scientifici.

BIBLIOGRAFIA:Leybold-Specchio girevole per la determinazione della velocità della luce

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 52 Ottica geometrica-Spettri di emissione

**SCOPO:** osservare il fenomeno della dispersione della luce bianca

**INTRODUZIONE:** In ottica la **dispersione** è un fenomeno fisico che causa la separazione di un'onda in componenti spettrali con diverse lunghezze d'onda, a causa della dipendenza della velocità dell'onda dalla lunghezza d'onda nel mezzo attraversato. È spesso descritta in onde luminose, ma può avvenire in ogni tipo di onda che interagisce con un mezzo o che può essere confinata in una guida d'onda, come le onde sonore. La dispersione è anche chiamata **dispersione cromatica** per enfatizzare la sua dipendenza dalla lunghezza d'onda. Un mezzo che esibisce queste caratteristiche nei confronti dell'onda in propagazione è detto *dispersivo*.

**APPARATO SPERIMENTALE:**

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE            | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|--------------------------|--------------|---------|
| 1         | Lampada a luce bianca 6V |              |         |
| 1         | Supporto per lampada     |              |         |
| 1         | Prisma plexiglass-vetro  |              |         |
| 1         | Supporto per prisma      |              |         |
| 1         | Fenditura                |              |         |
| 1         | Schermo bianco           |              |         |
| 1         | Generatore corrente      |              |         |

**SCHEMA DELL'APPARATO USATO:**



ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA: si strutturi un piccolo banco ottico posizionando la sorgente luminosa sul relativo supporto e di fronte a questa, lo schermo con fenditura. Inserire i cavi di collegamento della lampada nel generatore ed attivare il sistema di proiezione. Indirizzare il fascio luminoso uscente verso una faccia del prisma opportunamente orientato attraverso l'aggiustamento del suo supporto. Successivamente e ad una distanza adeguata, fare incidere il fascio risultante sullo schermo bianco ed osservare il fenomeno.

DATI E TABELLE:

Tab.1-dati

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:

CONCLUSIONI: il fenomeno della rifrazione può dare origine a situazioni e fenomeni particolari, quale ad esempio la dispersione della luce; tale fenomeno si può osservare quando una radiazione non monocromatica, come ad esempio quella bianca, incide su di un prisma di vetro con un angolo di incidenza  $i$  diverso da zero.

Ogni componente viene rifratta con un angolo di rifrazione  $r$  diverso ed osserviamo così la distribuzione delle componenti monocromatiche dal rosso, il meno deviato e con velocità e lunghezza d'onda maggiore, fino al violetto il più deviato, con frequenza maggiore.

BIBLIOGRAFIA:Wikipedia-Dispersione della luce

## 53 Acustica– Il suono-Esperienze di acustica

**SCOPO:** generare moti ondulatori acustici e studiarne le caratteristiche

**INTRODUZIONE:** Il **suono** (dal latino *sonum*) è la sensazione data dalla vibrazione di un corpo in oscillazione. Tale vibrazione, che si propaga nell'aria o in un altro mezzo elastico, raggiunge l'apparato uditivo dell'orecchio che, tramite un complesso meccanismo interno, è responsabile della creazione di una sensazione "uditiva" direttamente correlata alla natura della vibrazione, in particolar modo è la membrana timpanica che subendo delle variazioni di pressione entra in vibrazione. Le oscillazioni sono spostamenti delle particelle, intorno alla posizione di riposo e lungo la direzione di propagazione dell'onda, provocati da movimenti vibratorii, provenienti da un determinato oggetto, chiamato sorgente del suono, il quale trasmette il proprio movimento alle particelle adiacenti, grazie alle proprietà meccaniche del mezzo; le particelle a loro volta, iniziando ad oscillare, trasmettono il movimento alle altre particelle vicine e queste a loro volta ad altre ancora, provocando una variazione locale della pressione; in questo modo, un semplice movimento vibratorio si propaga meccanicamente originando un'onda sonora (o onda acustica), che è pertanto onda longitudinale. Si ha un'onda longitudinale quando le particelle del mezzo in cui si propaga l'onda, oscillano lungo la direzione di propagazione. Le onde meccaniche longitudinali sono anche denominate onde di pressione. Il suono è un'onda che gode delle seguenti proprietà: riflessione, rifrazione e diffrazione, ma non della polarizzazione (a differenza della luce che è un'onda elettromagnetica). Il termine **diapason** in musica ha diversi significati, ma comunemente indica uno strumento per generare una nota standard. Il diapason (o corista) è costituito da una forcilla di acciaio dotata di un manico. Quest'ultimo consente di tenere lo strumento senza ostacolare l'oscillazione della forcilla e di trasmettere le vibrazioni a un altro corpo per potenziare l'intensità del suono emesso: ad esempio può essere messo a contatto con la cassa di risonanza in legno di un altro strumento, quale un violino o una chitarra. La frequenza alla quale il diapason oscilla dipende dalle proprietà elastiche del materiale di cui è costituito, dalla lunghezza e dalla distanza fra i rami della forcilla: è possibile reperire in commercio diapason tarati per emettere note diverse. Il più comune è il diapason in La, che oscilla a una frequenza di 440 Hertz, corrispondente al La della quarta ottava del pianoforte, ed è utilizzato per accordare gli strumenti.

## APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE      | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|--------------------|--------------|---------|
| 2         | Diapason           |              |         |
| 1         | Martelletto        |              |         |
| 2         | Cassa di risonanza |              |         |

## SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA: Prendiamo un diapason e lo percuotiamo con l'apposito martelletto di gomma: i due rebbi si mettono a vibrare e si avverte un suono debole. Per ottenere un rinforzo del suono del diapason la cassetta di legno su cui è montato, chiusa ad una estremità, deve avere una lunghezza pari ad  $\frac{1}{4}$  della lunghezza d'onda del suono fondamentale del diapason. Si comprende tutto ciò osservando che il sistema di onde prodotte dal diapason deve essere all'unisono con le vibrazioni della colonna d'aria contenuta nella scatola. La parete che chiude la scatola fa riflettere l'onda con cambiamento di fase, mentre le riflessioni della colonna d'aria alla estremità aperta avvengono senza cambiamento di fase, perché diffondendosi l'onda sonora in tutte le direzioni, le variazioni di pressione sono praticamente nulle. Le onde che percorrono la cassa nei due sensi devono essere tra loro in fase concordante. Tenendo conto del fatto che nella riflessione con cambiamento di fase c'è il guadagno di mezza lunghezza d'onda, se indichiamo con  $\lambda$  la lunghezza d'onda, il cammino deve contenere un numero dispari di semilunghezze d'onda. L'onda quindi deve fare il percorso verso la parte chiusa e, dopo riflessa, fare il cammino inverso in un numero intero di semilunghezze d'onda:

$$2L = (2k+1)\lambda / 2$$

Avremo la lunghezza minima  $L = \lambda / 4$  per  $k=0$ . Per la cassetta si usa il legno perché i solidi elastici trasmettono molto bene il suono.



## DATI E TABELLE

Tab.1-dati relativi al calcolo della lunghezza minima della cassa di risonanza

| $V (m/s)$ | $F (Hz)$ | $L (m)rilevata$ | $L(m)sperimentale$ |
|-----------|----------|-----------------|--------------------|
| 331,45    | 440      | 0,185           | 0,188              |

### ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:

Assumiamo come valore della velocità di propagazione dell'onda sonora, il valore riportato dai testi di 331,45 m/s, e come valore della frequenza, quello indicato sui rebbi del diapason (440 Hz).

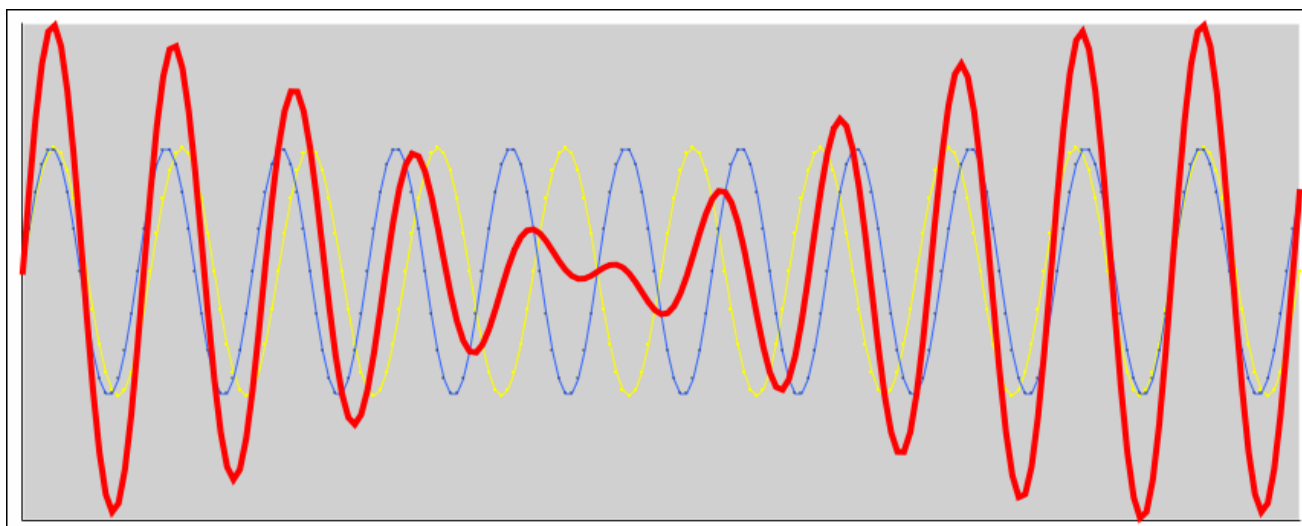
$$\lambda = \frac{331,45}{440} = 0,753 \text{ m}$$

$$L = \frac{\lambda}{4} = \frac{0,753}{4} = 0,188 \text{ m}$$

Da rilevamento diretto della lunghezza della cassa di risonanza del diapason, riscontriamo un valore di 18,5 cm  $\pm 0,1$  (rilevamento effettuato tramite una riga metrica), quindi possiamo affermare che la cassa di risonanza è stata dimensionata in modo adeguato. Supponiamo ora di avere due corpi che vibrano simultaneamente, i cui suoni si possano rappresentare con onde sinusoidali con la stessa frequenza e la stessa ampiezza. Queste due onde possono sovrapporsi in diverse maniere: in fase (interferenza costruttiva), in opposizione di fase (interferenza distruttiva), o in una via di mezzo. Essendo il suono risultante la somma dei due suoni, nel primo caso questo sarà identico ai primi due, ma di ampiezza doppia (le creste si sommano e le valli si sommano); nel secondo caso non si avrà alcun suono risultante (le creste e le valli si compensano in ogni punto annullandosi tra di loro); nel terzo si avrà un suono di intensità intermedia, a seconda di quanto è lo sfasamento tra i due suoni iniziali. Naturalmente, avendo i due suoni la stessa frequenza, lo sfasamento sarà costante nel tempo: se ad esempio la prima cresta del primo suono è perfettamente sovrapposta alla prima cresta del secondo, lo stesso avverrà per le seconde creste, per le terze e così via (analogamente nel caso di sfasamento arbitrario). Ipotizzando ora che le due frequenze non siano proprio identiche, ma che ci sia una piccola differenza tra di esse (otteniamo queste condizioni appesantendo uno dei rebbi del diapason); lo sfasamento questa volta non sarà più costante, ma varierà nel tempo: se ad esempio le prime creste dei due suoni coincidevano perfettamente (l'intensità totale quindi era il doppio), le seconde non saranno perfettamente sovrapposte, perché una arriverà un po' prima dell'altra; per le terze creste questa differenza di fase sarà ancora più marcata e così via, fino a quando la cresta del primo suono non sarà sovrapposta a una valle del secondo: i due suoni

sono passati in opposizione di fase e l'intensità totale è zero. Procedendo ancora in maniera analoga, dopo un certo numero di periodi (dipendente dalla differenza relativa tra le due frequenze iniziali) i due suoni ritorneranno in fase. In altri termini si hanno battimenti quando lo sfasamento (e quindi il tipo di interferenza) tra due suoni di frequenze simili varia nel tempo.

GRAFICO1-battimenti



**CONCLUSIONI:** I fenomeni ondulatori fin qui osservati evidenziano una univocità di comportamento che rende simili gli effetti che su essi hanno analoghe situazioni di studio. A questo proposito osserviamo come per le onde generate in un liquido valgano le stesse regole di deviazione dal loro percorso attraverso la riflessione, rifrazione, diffrazione, interferenza che valgono, generalmente, per qualsiasi tipo di moto ondulatorio considerato.

**BIBLIOGRAFIA:** Treccani-onde; Wikipedia-battimenti;Mauro Graziani-dispense;

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 54 Elettrostatica- Elettrizzazione superficiale dei corpi

**SCOPO: verificare quali interazioni esistano tra corpi elettricamente carichi** .

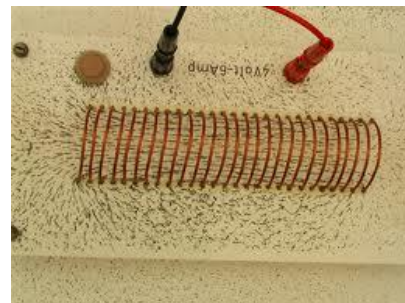
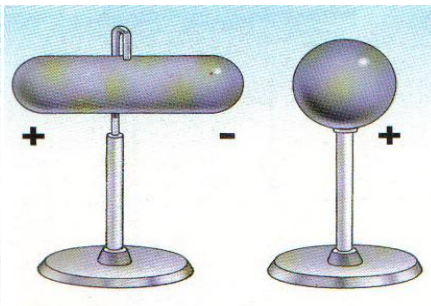
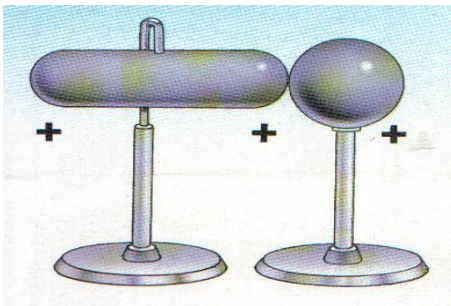
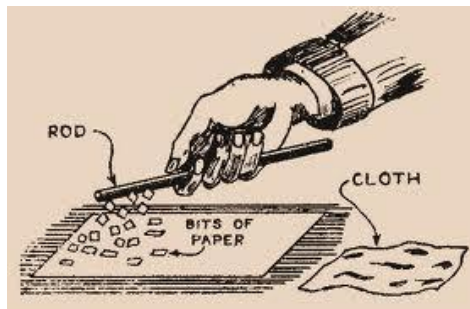
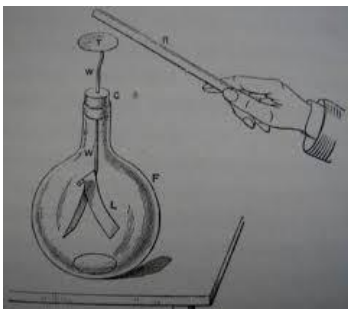
**INTRODUZIONE:** il punto di partenza di questi studi fu la constatazione sperimentale che alcune sostanze come il vetro e l'ambra, in seguito a strofinio, erano in grado di attrarre corpuscoli leggeri come pezzetti di sughero, piume, pagliuzze. I corpi che per azione dello strofinio diventano portatori di cariche elettriche si dicono elettrizzati o carichi di elettricità statica. Il termine elettricità deriva da elektron, nome greco dell'ambra, che fu la prima sostanza su cui gli antichi greci riscontrarono i primi fenomeni di elettrizzazione.

Qualsiasi corpo si elettrizza per strofinio perché cede o sottrae elettroni al corpo col quale è stato strofinato e quindi perché viene alterato il suo equilibrio elettrico. Un corpo è in equilibrio elettrico se tutti i suoi atomi sono allo stato neutro, cioè quando in ogni atomo la carica positiva del nucleo è bilanciata dalla carica negativa degli elettroni che gli girano attorno. Di conseguenza se da atomi neutri vengono distaccati alcuni elettroni, il corpo si elettrizza positivamente. Se invece alcuni elettroni vanno ad unirsi agli atomi neutri si ha un'eccedenza di cariche negative ed il corpo si elettrizza negativamente. Se avviciniamo tra di loro due bacchette di ebanite, che abbiamo elettrizzato strofinandole con un panno di lana, notiamo che si respingono. Se invece avviciniamo alla bacchetta di ebanite elettrizzata una bacchetta di vetro, elettrizzata pure per strofinio con il panno di lana, notiamo che i due oggetti si attraggono. Ciò dimostra che esistono due stati elettrici di segno opposto e che corpi elettrizzati con elettricità dello stesso segno si respingono, invece i corpi elettrizzati con elettricità di segno opposto si attraggono. Lo spazio entro il quale vengono esercitate le forze attrattive o repulsive di un corpo carico di elettricità statica prende il nome di campo elettrico. Oltre che per strofinio, un corpo si può elettrizzare per contatto con un corpo carico, in questo caso le parti a contatto si elettrizzano con cariche dello stesso segno. L'elettrizzazione può avvenire anche per induzione, quando avviciniamo un corpo carico ad uno neutro. In questo caso nella zona del corpo neutro più vicina al corpo elettrizzato si addensano cariche di segno opposto.

**APPARATO SPERIMENTALE:**

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE                     | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|-----------------------------------|--------------|---------|
| 2         | Bacchetta plexiglass              |              |         |
| 1         | Bacchetta ebanite                 |              |         |
| 1         | Stativo per bacchette             |              |         |
| 4         | Elettroscopio                     |              |         |
| 1         | Pozzo di Faraday                  |              |         |
| 1         | Gabbia di faraday                 |              |         |
| 1         | Generatore di Van De Graaf        |              |         |
| 1         | Punta metallica                   |              |         |
| 1         | Ciuffo di capelli                 |              |         |
| 2         | Conduttori cilindrici             |              |         |
|           | Cavi elettrici-pezzetti di carta- |              |         |
|           | Panno di lana                     |              |         |

### SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



### ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA:

- 1- *Elettrizzazione per strofinio.* Passiamo una bacchetta di plexiglass o ebanite su alcuni pezzetti di carta non evidenziando effetti di interazione tra questi. Ripetiamo l'operazione dopo avere strofinato con un panno di lana le bacchette e rileviamo che i pezzetti di carta vengono attratti dalle stesse. Avviciniamo quindi le bacchette eventualmente cariche ad un elettroscopio, apparecchio che evidenzia la presenza di cariche elettriche ed osserviamo che le foglioline d'oro di cui è in parte composto, divergono tra loro dimostrando così qualitativamente come la bacchetta per strofinio si fosse precedentemente caricata in qualche modo. Per dimostrare che corpi carichi dello stesso segno si respingono e che se carichi di segno opposto si attraggono, usiamo due bacchette di plexiglass una delle quali sospesa mediante uno stativo utilizzato da supporto. Avvicinandole tra loro, notiamo una repulsione delle stesse che evidenzia la stessa carica generata per strofinio. Successivamente usiamo una bacchetta di ebanite posizionata sul supporto puntiforme ed avviciniamo quella di plexiglass: i due corpi si attraggono evidenziando una carica opposta.
- 2- *Elettrizzazione per contatto.* Se con una bacchetta elettrizzata (nel nostro caso quella di plexiglass, caricata positivamente), si tocca la parte conduttrice di un elettroscopio, si vedranno le foglioline divergere e rimanere in quella posizione. Ciò accade perché attraverso il contatto, la bacchetta preleva dall'elettroscopio inizialmente neutro, gli elettroni che gli erano stati sottratti a seguito dello strofinio a cui era stata sottoposta, lasciando lo stesso in difetto di cariche negative, caricandolo positivamente.
- 3- *Elettrizzazione per induzione.* Se Avviciniamo una bacchetta ad un elettroscopio senza toccarlo, vedremo le foglioline allontanarsi fra loro e restare aperte se la bacchetta rimane in quella posizione. Se allontaniamo la bacchetta l'elettroscopio torna nella sua condizione iniziale elettricamente neutra e le foglioline si richiudono. Questo fenomeno si spiega in quanto la presenza prossima della bacchetta elettrizzata al pomello dell'elettroscopio, attira gli elettroni di questo inducendo delle cariche di segno opposto sulla parte estrema; questa elettrizzazione produce l'allontanamento delle due foglioline.
- 4- *Carica di un conduttore per induzione e separazione delle cariche.* Prendiamo due conduttori cilindrici collegati a due elettroscopi e li poniamo a contatto tra loro. Avviciniamo ad una estremità la bacchetta di plexiglass caricata positivamente: si vedranno le foglioline di entrambi gli elettroscopi rivelatori divergere a dimostrazione del fatto che nel conduttore così formato si è rotto un certo equilibrio elettrostatico. Parte delle cariche negative presenti nel conduttore si sposteranno perché attratte dalla presenza della bacchetta, caricando negativamente quella porzione di superficie ed alcune delle cariche di segno opposto migreranno dalla parte opposta. Successivamente, mentre l'induttore (plexiglass) sta agendo, dividiamo i due componenti ed osserviamo come le foglioline di entrambe le parti siano rimaste divaricate e

come così rimangono anche se allontaniamo la bacchetta. Si può spiegare questo fenomeno considerando che in presenza dell'induttore gli elettroni presenti si sono spostati in una certa posizione e che i protoni si sono disposti dalla parte contraria rimanendo nelle rispettive arre di competenza nel momento del distacco dei due corpi cilindrici.

- 5- *Distribuzione delle cariche elettriche- pozzo di Faraday.* Per dimostrare che le cariche si distribuiscono sulla superficie esterna di un conduttore carico, utilizziamo un conduttore cavo (pozzo di Faraday) collegato ad un generatore di corrente continua (generatore di Van De Graaf). Carichiamo il conduttore cavo e preleviamo per contatto alcune cariche dal suo interno a mezzo bastoncino con sfera metallica. Se tocchiamo con questo, un elettroscopio, osserviamo come non vi sia nessuna azione delle foglioline rivelatrici, confermando che all'interno di un conduttore cavo non vi siano cariche elettriche. Se invece poniamo la nostra sferetta per prelevare le cariche, a contatto della parete esterna del pozzo di Faraday e successivamente la poniamo sull'elettroscopio, notiamo che le foglioline di questo si allontanano evidenziando la presenza di cariche.
- 6- *Gabbia di Faraday.* È un contenitore a rete metallica al quale si può collegare un elettroscopio al suo interno ed un altro a contatto con la superficie esterna. Anche questo apparato serve a dimostrare che le cariche si distribuiscono sulla superficie esterna. Se colleghiamo il sistema al generatore di Van De Graaf, osserviamo che l'elettroscopio all'interno non evidenzia nessuna carica che invece viene rivelata da quello esterno.
- 7- *Vento elettrico-potere delle punte.* Se si carica un conduttore appuntito, il campo elettrico nelle sue vicinanze sarà molto intenso. Se avviciniamo alla punta posizionata su generatore di Van De Graaf la fiamma di una candela, vediamo che la fiamma si piega perché respinta per l'azione repulsiva degli ioni presenti sulla punta.
- 8- *Campo magnetico di un filo percorso da corrente.* Per questo esperimento utilizziamo una basetta con solenoide e della limatura di ferro. Facciamo passare corrente nel filo conduttore e cospargiamo la basetta sulla quale è posizionato, con polvere di ferro. Effettuiamo alcune importanti osservazioni:
  - a- in prossimità delle singole spire che compongono il solenoide, la limatura si dispone secondo linee concentriche;
  - b- all'interno del solenoide la limatura che evidenzia le linee di campo elettrico, si dispone parallelamente all'asse dello stesso;
  - c- in corrispondenza dei due poli cioè dei due estremi del solenoide ed all'esterno dello stesso, la limatura ha un andamento concatenato come a manifestare una continuità delle linee di forza.

**CONCLUSIONI:** L'**elettrizzazione** è un fenomeno fisico (o anche il processo) che avviene tra due corpi che abbiano inizialmente, una carica totale nulla, ovvero in entrambi i corpi deve esserci lo stesso quantitativo di cariche positive (+e) e di

cariche negative (-e). I corpi con carica totale nulla sono detti **elettricamente neutri**. In questo processo un corpo si elettrizza positivamente cedendo elettroni formando così un catione, o negativamente attirando a se elettroni formando così un anione. Avvicinando un corpo elettrizzato ad un corpo ancora elettricamente neutro di materiale diverso, si noterà come il secondo venga richiamato dal primo a causa della forza attrattiva delle cariche di segno opposto addensate sulle superfici esterne. Tale fenomeno non accade se si prendono due corpi dello stesso materiale entrambi caricati positivamente o negativamente, poiché i corpi tenderanno a respingersi a seguito dell'azione repulsiva di cariche dello stesso segno. L'unica particella subatomica che si sposta durante l'elettrizzazione di un corpo è l'elettrone. Dai dati rilevati attraverso la sperimentazione in Laboratorio, abbiamo evidenziato una corrispondenza tra le descrizioni teoriche presenti nel testo scolastico e le esperienze maturate praticamente sul banco di lavoro.

BIBLIOGRAFIA: Wikipedia: elettrizzazione dei corpi

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 55 Elettrostatica- Il condensatore

**SCOPO:** illustrare qualitativamente le proprietà dei condensatori di cariche

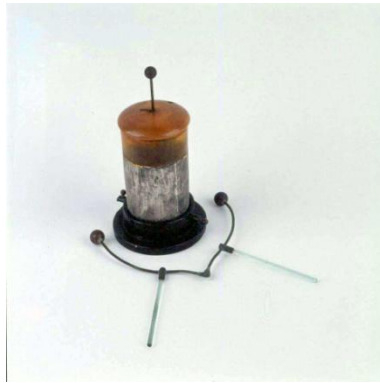
INTRODUZIONE: Il **condensatore** è un componente elettrico che immagazzina l'energia in un campo elettrostatico. Nella teoria dei circuiti il condensatore è un componente *ideale* che può mantenere la carica e l'energia accumulata all'infinito. Nei circuiti in regime sinusoidale permanente la corrente che attraversa un condensatore ideale risulta in anticipo di un quarto di periodo rispetto alla tensione che è applicata ai suoi morsetti. Un condensatore (indicato abitualmente con  $C$ ) è generalmente costituito da una coppia di conduttori (armature o piastre) separati da un isolante (dielettrico). La carica è immagazzinata sulla superficie delle piastre, sul bordo a contatto con il dielettrico. Quindi all'esterno si avrà un campo elettrico pari a zero a causa dei due campi, uno positivo e uno negativo, che hanno per l'appunto stesso modulo ma segno (verso) opposto, mentre all'interno del dispositivo due volte il campo elettrico perché entrambi i campi, sia quello positivo che quello negativo, hanno stesso modulo e stesso verso. L'energia elettrostatica che il condensatore accumula si localizza nel materiale dielettrico che è interposto fra le armature

APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE                          | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|--|--------------|---------|
| 1         | Condensatore a facce piane e parallele |              |         |
| 1         | Foglio dielettrico di legno            |              |         |
| 1         | Foglio dielettrico di plastica         |              |         |
| 1         | Condensatore cilindrico                |              |         |
| 1         | Arco scaricatore                       |              |         |
| 1         | Generatore di Van De Graaf             |              |         |
| 1         | Elettroscopio                          |              |         |
| 2         | Cavi di collegamento                   |              |         |
| 1         | Bacchetta di plexiglass                |              |         |
|           | Panno di lana                          |              |         |

SCHEMA DELL'APPARATO USATO:





ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA: si colleghi un disco del condensatore a facce piane e parallele ad un elettroscopio e l'altro disco a terra. Dopo aver caricato il disco fisso per contatto con una bacchetta elettrizzata di plexiglass, l'elettroscopio evidenzierà un certo potenziale che diminuirà all'avvicinarsi progressivo del disco collegato a terra. Successivamente si vuole dimostrare che la capacità di un conduttore è direttamente proporzionale alla costante dielettrica del mezzo. Si pongono i due dischi a distanza ravvicinata, quindi si elettrizza l'armatura collegata all'elettroscopio, mentre l'altra armatura viene collegata a terra. Interponiamo fra le due armature una lastra di coibente (foglio dielettrico di legno-plastica). Si può osservare una caduta di potenziale dell'elettrometro. Poiché durante l'esperienza la carica della prima armatura è rimasta costante, si deduce che vi è stato un aumento della sua capacità.

Si utilizzi poi il condensatore cilindrico e lo si elettrizzi per contatto con il generatore di Van De Graaf; lo si scomponga e si posino le due armature su un piano conduttore collegato a terra. Successivamente si ricomponga il condensatore per dimostrare che la carica si era addensata sul dielettrico, infatti cortocircuitando le due armature con l'arco scaricatore, si otterrà una scarica elettrica.

DATI E TABELLE:

TAB.1

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:

CONCLUSIONI: Ogni condensatore è caratterizzato da una capacità  $C$ , la quale viene definita come il rapporto tra la carica  $Q$  che si accumula su ciascuna delle due piastre del condensatore e la differenza di potenziale  $\Delta V$ , presente tra le piastre. In

formule, possiamo scrivere:  $C = Q / \Delta V$ . Siccome, fissato il condensatore,  $C$  è una costante, possiamo affermare che la differenza di potenziale  $\Delta V$  tra le armature è direttamente proporzionale alla quantità di carica  $Q$  che si accumula su ognuna delle armature. La capacità di un condensatore dipende dalle caratteristiche geometriche del condensatore stesso. In particolare, se il condensatore è piano, la capacità dipende dall'area  $A$  delle piastre e dalla distanza  $d$  tra le due piastre:  $C = \epsilon_r \cdot A / (4 \pi k_0 s)$  dove  $\epsilon_r$  è la costante dielettrica del mezzo presente tra le due piastre del condensatore.

BIBLIOGRAFIA: Wikipedia: condensatori-ITG Pertini-condensatori

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 56 Elettrostatica- Le leggi di OHM

**SCOPO:** verificare attraverso sperimentazione quantitativa, la validità delle Leggi di Ohm

INTRODUZIONE: In fisica, la **legge di Ohm**, il cui nome è dovuto al fisico tedesco Georg Simon Ohm, esprime la legge costitutiva di proporzionalità diretta tra la differenza di potenziale elettrico ai capi di un conduttore e l'intensità della corrente elettrica che lo attraversa. La costante di proporzionalità è detta resistenza elettrica. Una seconda relazione, detta anche 2° legge di Ohm, permette di calcolare la resistenza di un materiale a partire da resistività, lunghezza e sezione. Denotando con  $V$  la differenza di potenziale elettrico ai capi di un conduttore elettrico e con  $I$  la corrente elettrica che lo attraversa, la legge di Ohm ha la forma:

$$V = RI$$

dove  $R$  è la resistenza elettrica caratteristica del conduttore. Si tratta di una costante, indipendente dall'entità della corrente. La resistenza dipende da alcune caratteristiche fisiche e geometriche del conduttore, come la resistività  $\rho$ , la lunghezza  $l$  e la sezione  $S$ . Nel caso più semplice, in cui il conduttore è composto di un solo materiale, ha sezione uniforme e anche il flusso di corrente è uniforme, la resistività è legata a  $R$  dalla relazione:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

La corrente è composta da un moto ordinato di elettroni, guidati da un campo elettrico, che possiedono una certa energia cinetica. Quando il flusso di cariche attraversa un resistore l'energia cinetica posseduta dalle cariche viene ceduta, in parte o totalmente, al materiale. Questo fenomeno è detto effetto Joule, e la potenza trasferita al materiale è data da:

$$P = VI = RI^2$$

Essa risulta proporzionale al quadrato della corrente elettrica, e provoca il riscaldamento più o meno consistente del conduttore. Conoscendo la capacità termica e la resistenza termica del materiale si può stabilire il conseguente aumento della temperatura. A livello locale, la relazione di Ohm assume la forma:

$$\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E}$$

valida nei punti del dominio in cui il campo elettrico  $\mathbf{E}$ , la densità di corrente  $\mathbf{J}$  e la conducibilità elettrica  $\sigma$  sono funzioni continue (nei punti di discontinuità si può soltanto formulare la legge a livello globale). L'utilizzo della densità di corrente fornisce la potenza  $dP$  dissipata per effetto Joule nell'unità di volume:

$$dP = \mathbf{J} \cdot \mathbf{E}$$

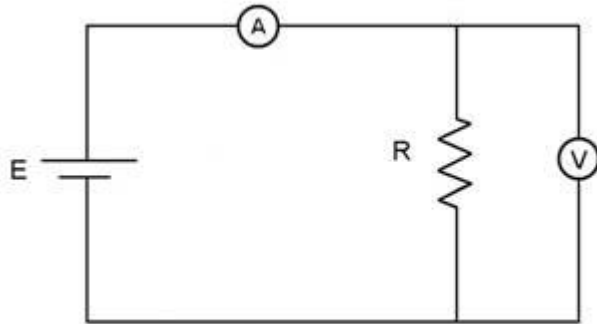
La legge di Ohm è valida per tutti i materiali conduttori. In particolare, gli elementi elettrici che sfruttano la legge di Ohm sono detti resistori (o resistenze) ideali o ohmici.

La descrizione classica della resistenza considera gli elettroni di conduzione nei metalli come un gas (gas di elettroni). Nel modello più semplice, noto come Modello di Drude, il metallo costituisce un volume di particelle cariche positive omogenee in cui gli elettroni liberi si possono spostare liberamente. In questo volume sono immersi gli ioni, formati dai nuclei atomici e dagli elettroni fortemente vincolati nelle orbite più interne. Quando si applica una tensione alle estremità del conduttore, gli elettroni liberi sono accelerati dal campo elettrico. L'energia degli elettroni aumenta e con essa la temperatura del gas di elettroni. Sul loro tragitto attraverso il metallo gli elettroni cedono una quota di energia mediante urti elastici contro gli ioni. Tramite questa interazione il sistema "Reticolo metallico-Gas di elettroni" si adopera per ridurre nuovamente il gradiente di temperatura che deriva dalla tensione applicata. Riscaldando il metallo si intensifica l'oscillazione termica degli ioni attorno alla loro posizione di equilibrio. Ma tramite ciò si innalza anche l'interazione con il gas di elettroni e la resistenza aumenta. Tuttavia, ciò non chiarisce l'effetto del "conduttore caldo", che si comporta oppostamente. Alle temperature alle quali i metalli sono ionizzati (plasma), ogni materiale è conduttore di elettricità, poiché ora gli elettroni che erano precedentemente vincolati sono a disposizione per il trasporto di cariche elettriche. Al contrario sono noti dei metalli e degli ossidi per i quali la resistenza elettrica, al disotto di una temperatura cosiddetta critica, si annulla: i superconduttori.

#### APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE          | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|------------------------|--------------|---------|
| 1         | Multimetro Amperometro |              |         |
| 1         | Multimetro Voltmetro   |              |         |
| 1         | Generatore             |              |         |
| 2         | Stativi                |              |         |
| 2         | Supporti con isolante  |              |         |
| 1         | Resistenza             |              |         |
|           | Cavi di collegamento   |              |         |

SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



LEGENDA:

- E- GENERATORE DI FORZA ELETTRICITÀ
- A- STRUMENTO MULTIMETRO USATO COME AMPEROMETRO
- R- FILO CONDUTTORE USATO COME RESISTENZA
- V- STRUMENTO MULTIMETRO USATO COME VOLTMETRO

ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA:

### **Verifica della I Legge di OHM**

Dopo avere verificato i collegamenti del circuito che dovevamo analizzare, abbiamo fissato le opportune scale degli strumenti di misura in modo che la loro lettura risultasse snella e di facile individuazione, stabilendo come fondo scala per lo strumento usato per il rilevamento dell'intensità di corrente, un valore di 5A e per lo strumento utilizzato come rivelatore della d.d.p. esistente agli estremi del circuito, un valore di 20V. Successivamente abbiamo posizionato il cavetto sulla boccia del generatore in corrispondenza dell'indicazione 2V ed abbiamo azionato il dispositivo di accensione rilevando i dati relativi all'intensità di corrente ed alla d.d.p. riferiti a quelle condizioni sperimentali. Abbiamo poi ripetuto analogamente la prova di Laboratorio spostando il cavo sulle bocche del generatore corrispondenti a 4, 6,8,10 V e riportando in tabella i valori così rilevati.

### **Verifica della II Legge di OHM**

Procedendo nella nostra osservazione fenomenologica, abbiamo dimezzato la lunghezza del filo conduttore che avevamo scelto come campione e rilevato i nuovi valori di intensità di corrente e d.d.p. scegliendo una situazione sperimentale che avevamo già attuato in precedenza. Successivamente abbiamo raddoppiato la sezione del filo che usavamo come resistenza ripiegandolo su sé stesso e congiungendo la sua parte terminale al supporto con isolante. I dati di queste prove sono stati tabulati ed elaborati per la verifica della validità degli enunciati esposti dalle Leggi di Ohm.

## DATI E TABELLE:

TAB.1 DATI RELATIVI ALLA I LEGGE DI OHM

| d.d.p. ( $\pm 0,1V$ ) | I ( $\pm 0,01A$ ) | R ( $\pm 0,1\Omega$ ) |
|-----------------------|-------------------|-----------------------|
| 4,0                   | 0,32              | 12,5                  |
| 6,0                   | 0,49              | 12,2                  |
| 8,0                   | 0,64              | 12,5                  |
| 10,0                  | 0,79              | 12,6                  |

TAB.2 DATI RELATIVI ALLA II LEGGE DI OHM

| $\varnothing_1 = 0,5 \text{ mm}$ | d.d.p. ( $\pm 0,1V$ ) | I ( $\pm 0,01A$ ) | R ( $\pm 0,1\Omega$ ) | $\rho$ ( $\Omega \cdot m$ ) |  |  |
|----------------------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------------|--|--|
| $S_1 = 0,196 \text{ mm}^2$       |                       |                   |                       |                             |  |  |
| $L_1 = 1 \text{ m}$              | 6,0                   | 0,49              | 12,2                  | 2,39                        |  |  |
| $L_2 = 0,5 \text{ m}$            | 6,0                   | 0,99              | 6,1                   | 2,39                        |  |  |
|                                  |                       |                   |                       |                             |  |  |
|                                  |                       |                   |                       |                             |  |  |
| $\varnothing_2 = 1,0 \text{ mm}$ |                       |                   |                       |                             |  |  |
| $S_2 = 0,392 \text{ mm}^2$       |                       |                   |                       |                             |  |  |
| $L_1 = 1 \text{ m}$              | 6,0                   | 0,99              | 6,1                   | 2,39                        |  |  |

## ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:

### I LEGGE DI OHM

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R_1 = \frac{V_1}{I_1} = \frac{4}{0,32} = 12,5 \Omega$$

$$R_2 = \frac{V_2}{I_2} = \frac{6}{0,49} = 12,2 \Omega$$

$$R_3 = \frac{V_3}{I_3} = \frac{8}{0,64} = 12,5 \Omega$$

$$R_4 = \frac{V_4}{I_4} = \frac{10}{0,79} = 12,6 \Omega$$

### II LEGGE DI OHM

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S}$$

Variamo la lunghezza mantenendo costante la sezione:

$$L_1 = 1,0 \text{ m}; \quad \rho = \frac{R \cdot S}{l} = \frac{12,2 \cdot 0,196}{1} = 2,39 \text{ } (\Omega \cdot \text{m})$$

$$L_2 = 0,5 \text{ m}; \quad \rho = \frac{R \cdot S}{l} = \frac{6,1 \cdot 0,196}{0,5} = 2,39 \text{ } (\Omega \cdot \text{m})$$

Variamo la sezione mantenendo costante la lunghezza:

$$S_1 = 0,196 \text{ mm}^2 \quad \rho = \frac{R \cdot S}{l} = \frac{12,2 \cdot 0,196}{1} = 2,39 \text{ } (\Omega \cdot \text{m})$$

$$S_2 = 0,392 \text{ mm}^2 \quad \rho = \frac{R \cdot S}{l} = \frac{6,1 \cdot 0,392}{1} = 2,39 \text{ } (\Omega \cdot \text{m})$$

**CONCLUSIONI:** abbiamo constatato sperimentalmente la validità della I Legge di Ohm espressa da una uniformità dei valori delle resistenze elaborati dai dati desunti; variando la d.d.p. che applicavamo agli estremi del filo conduttore e rilevando i corrispondenti valori dell'intensità di corrente che circolava nel circuito, abbiamo evidenziato una condizione di rapporto direttamente proporzionale tra le entità considerate. Nella II Legge di Ohm abbiamo variato la lunghezza della resistenza (0,5 m) ed osservato che il valore della resistenza dimezzava rispetto al rilevamento effettuato con lunghezza unitaria (1m) denotando una dipendenza direttamente proporzionale tra  $R$  ed  $l$ ; successivamente abbiamo variato la sezione del nostro filo conduttore, raddoppiandola ed osservando come il valore di  $R$  fosse inversamente proporzionale alla sezione.

**BIBLIOGRAFIA:** Wikipedia: le Leggi di Ohm

# LABORATORIO DI FISICA

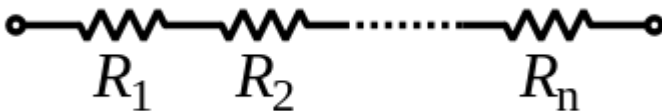
Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 57 Elettrostatica- Resistenze in serie e parallelo

**SCOPO: verificare le caratteristiche delle resistenze inserite in serie e parallelo**

INTRODUZIONE: Si parla di **collegamento in serie** quando due o più componenti sono collegati in modo da formare un percorso unico per la corrente elettrica che li attraversa; nel caso di componenti elettrici a due terminali (detti bipoli) il collegamento in serie prevede che l'estremità di ciascuno di essi sia collegata solo con l'estremità di un altro. Il primo e l'ultimo componente hanno una estremità libera, e a queste si applica la tensione elettrica, in pratica cioè si infilano le due estremità libere del conduttore (filo) in una presa elettrica o vi si applica una batteria o qualsiasi altro generatore di corrente, che grazie alla propria tensione genera una corrente, o meglio un flusso di corrente, che permette il funzionamento di tutto l'insieme.

### Resistori in serie



Conoscendo il valore della resistenza (in ohm) e l'intensità della corrente elettrica (in ampère) è possibile determinare la tensione elettrica (in volt) su una resistenza con la legge di Ohm (valida sia in corrente continua sia in corrente alternata):

$$V=R \cdot I$$

Conoscendo la differenza di potenziale  $V$  ai capi del resistore e il valore della sua resistenza  $R$ , è possibile calcolare l'intensità della corrente elettrica  $I$  che circola utilizzando la formula inversa:

$$I = \frac{V}{R}$$

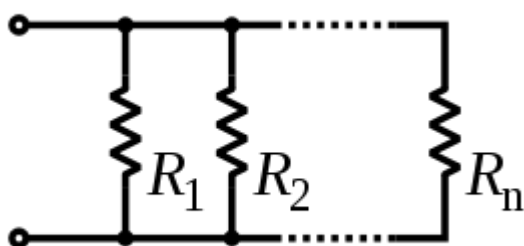
La resistenza totale di  $n$  resistori in serie è data dalla somma delle resistenze di ciascun resistore:

$$R_{\text{equivalente}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$



Il collegamento in serie di resistori a volte si adotta per necessità. Un tipico esempio è il circuito che genera l'alta tensione nei vecchi oscilloscopi a tubo catodico; Un resistore da 50 Megaohm avente ai suoi capi una tensione di 2000 volt, va incontro a conseguenze distruttive nel caso si verifichi un arco voltaico; per prevenire questo rischio, il costruttore realizza il resistore da 50 Megaohm collegando in serie 5 resistori da 10 Megaohm, conseguentemente ciascun resistore vede ai suoi capi una tensione di 400 volt, un valore di tutta sicurezza. Si parla di **collegamento in parallelo** quando i componenti sono collegati ad una coppia di conduttori in modo che la tensione elettrica sia applicata a tutti quanti allo stesso modo. Riprendendo l'esempio delle persone, queste sono disposte fra due corde distese e parallele, ed ogni persona stringe ciascuna corda con una mano in modo che ognuno tenga con la mano destra la stessa corda che tutti gli altri tengono con la mano destra, e lo stesso per la mano sinistra. Inoltre gli utilizzatori sono paralleli l'uno all'altro e svolgono funzione indipendente: se uno non funziona gli altri funzionano.

### Resistori in parallelo



La resistenza totale di n resistori in parallelo è data

dalla relazione:

$$\frac{1}{R_{\text{totale}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

ovvero è il reciproco della somma dei reciproci delle resistenze dei singoli resistori

La formula sopra citata si semplifica nel caso di due soli resistori. In questo caso si avrà:

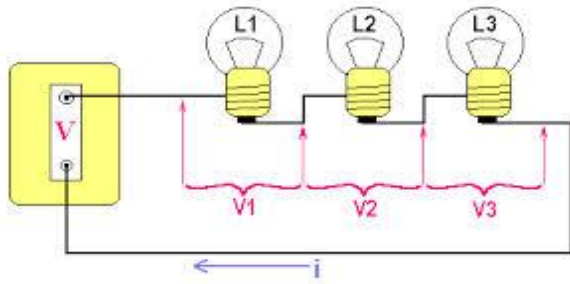
$$\frac{1}{R_{\text{equivalente}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 * R_2} \Rightarrow R_{\text{equivalente}} = \frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2}$$

#### APPARATO SPERIMENTALE:

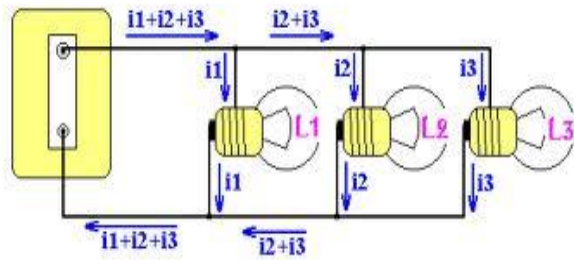
| QUANTITA' | DENOMINAZIONE          | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|------------------------|--------------|---------|
| 1         | Multimetro Amperometro | 0,1 A        | 5 A     |
| 3         | Lampade con basetta    |              |         |
| 1         | Generatore             |              |         |
| 3         | Cavi di collegamento   |              |         |

SCHEMA DELL'APPARATO USATO:

schema A- resistenze in serie



schema B- resistenze in parallelo



ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA: si predispongano le lampadine con basette e si colleghino in serie come descritto nello schema A; si inserisca anche un multimetro in serie per misure di intensità di corrente. Si attivi il generatore posizionando il selettore sul valore 6V e si verifichi il corrispondente valore dell'intensità che circola nel circuito. Si dispongano successivamente le lampadine utilizzando i collegamenti in parallelo evidenziati nello schema B ed adoperando la stessa tensione precedentemente applicata , si annoti il valore dell'intensità circolante.

DATI E TABELLE:

TAB.1

| d.d.p. (V) | I (A) | R ( $\Omega$ ) |
|------------|-------|----------------|
|            |       |                |
|            |       |                |
|            |       |                |

ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:

CONCLUSIONI: abbiamo constatato sperimentalmente attraverso l'osservazione dei fenomeni descritti che applicando la stessa tensione ad un sistema nel quale era previsto l'inserimento in serie o in parallelo di alcune resistenze, l'intensità di corrente che circolava nel circuito aumentasse nel secondo caso. Questo dipendeva dal fatto che la resistenza totale diminuiva quando i resistori venivano montati in parallelo ed il fenomeno si evidenziava visivamente con la maggiore intensità luminosa che assumevano i filamenti delle lampadine che venivano sottoposte a tale condizione.

BIBLIOGRAFIA: Wikipedia: resistenze in serie e parallelo

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 58 Elettrostatica- Effetto termico della corrente elettrica

**SCOPO: verifica sperimentale dell'effetto Joule**

INTRODUZIONE: In un generico elemento circuitale (non necessariamente rispettante la legge di Ohm) in cui scorre una corrente  $I$  e ai cui capi viene applicata una differenza di potenziale pari a  $V$ , la potenza elettrica ( $P$ ) fornita è:

$$P = VI$$

viene trasformata in calore o trasformata in altre forme di energia.

La legge di Joule interpretata nella maniera riduttiva di trasformazione integrale dell'energia elettrica in calore ha ovviamente implicazioni negative. Infatti essa è causa della perdita di energia nelle linee di trasporto dell'elettricità ed in generale di qualsiasi circuito, nonché abbatta il rendimento delle macchine elettriche. Tale legge, sempre in questa forma riduttiva, è alla base del funzionamento di molti dispositivi elettrici tra cui: la lampada a incandescenza, l'interruttore magnetotermico, il fusibile, il forno elettrico, l'asciugacapelli, lo scaldabagno elettrico. Le implicazioni termodinamiche in questa formulazione riduttiva sono semplici, vale semplicemente il primo principio della termodinamica: l'energia elettrica ed il calore sono due forme diverse di energia e l'energia elettrica viene trasformata integralmente in calore.

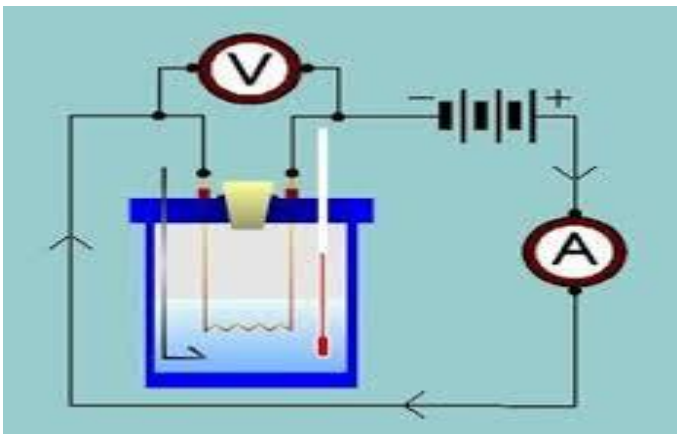
L'effetto Joule prende il nome da James Prescott Joule che nel 1848 studiando la natura del calore dimostrò la relazione tra la corrente che scorreva in una resistenza ed il calore dissipato, trovando che esisteva una proporzionalità tra la corrente che scorreva nel circuito e il calore prodotto. Questo esperimento pose le basi per la legge di conservazione dell'energia e del primo principio della termodinamica, anche se era solo una misura qualitativa. Il vero esperimento quantitativo fu fatto sette anni dopo sempre da J. P. Joule, in cui ottenne la misura più nota usando in maniera ingegnosa la caduta di gravi. In tale esperimento l'energia potenziale gravitazionale veniva trasformata in calore che veniva misurato mediante un calorimetro. Tale esperimento permise di ricavare l'equivalente meccanico della caloria con buona precisione

APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE          | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|------------------------|--------------|---------|
| 1         | Multimetro Amperometro | 0,1 A        | 5 A     |
| 1         | Multimetro Voltmetro   | 0,1 V        | 12 V    |

|   |                      |        |           |
|---|----------------------|--------|-----------|
| 1 | Calorimetro          |        |           |
| 1 | Generatore           |        |           |
| 1 | Termometro           | 0,1 °C | -10+110°C |
| 3 | Cavi di collegamento |        |           |
| 1 | Resistenza 3Ω        |        |           |
| 1 | Bilancia             | 0,02g  | 600,00g   |
| 1 | Reostato             |        |           |
| 1 | Cronometro           | 0,2 s  | 3600 s    |

SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA: si inserisca la resistenza tra gli elettrodi del calorimetro e si introduca una determinata massa d'acqua tale da garantire l'immersione totale della resistenza; si colleghi il calorimetro all'amperometro in serie ed al voltmetro in parallelo come descritto nello schema. Si rilevi la temperatura iniziale ( $T_1$ ) dopo aver chiuso il coperchio e si attivi il sistema azionando il generatore ed applicando una ddp di 10 V. Per meglio eseguire la prova, è consigliabile utilizzare un reostato in serie nel circuito in modo da mantenere una intensità di corrente precisa (2 A) ed utile per facilitare le successive elaborazioni dei dati. Si agisca sull'agitatore per uniformare il più possibile la temperatura all'interno del calorimetro e si effettui il rilevamento finale ( $T_2$ ) di tale valore dopo 5 minuti.

DATI E TABELLE:

TAB.1 dati relativi alla prova sperimentale effettuata

| d.d.p.(±0,1V) | I (±0,1A) | R (±0,1Ω) | m (±0,02g) | $T_1$ (±0,1°C) | $T_2$ (±0,1°C) | t (±0,2sec) |
|---------------|-----------|-----------|------------|----------------|----------------|-------------|
| 10,0          | 2,0       | 3,0       | 300,00     | 19,5           | 22,2           | 300,0       |

ELABORAZIONE DEI DATI:

$$Q = K \cdot I^2 \cdot R \cdot t$$

Sostituendo avremo

$$Q = \frac{1}{4186} \cdot 2^2 \cdot 3 \cdot 300 = 0,86 \text{ cal}$$

$$Q = m \cdot c \cdot (T_2 - T_1) + \Sigma \cdot (T_2 - T_1)$$

Dove abbiamo indicato con  $\Sigma$  l'equivalente in acqua del calorimetro precedentemente determinato

Sostituendo i valori rilevati avremo

$$Q = 0,30 \cdot 1 \cdot (22,2 - 19,5) + 0,016 \cdot (22,2 - 19,5) = 0,85 \text{ cal}$$

**CONCLUSIONI:** abbiamo verificato sperimentalmente con una certa accuratezza che in un sistema apparentemente isolato, quando un resistore è percorso da una corrente elettrica si riscalda, ovvero libera o dissipa una parte dell'energia elettrica sotto forma di calore. Il calore prodotto per effetto Joule quindi è direttamente proporzionale alla resistenza del conduttore e al quadrato dell'intensità della corrente che lo attraversa. Possiamo a questo punto definire la resistenza elettrica come l'attitudine di un conduttore a trasformare l'energia elettrica che lo percorre in calore.

**BIBLIOGRAFIA:** Wikipedia: effetto Joule; Sapere: effetto Joule

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 59 Elettrostatica- Conducibilità elettrica nelle soluzioni elettrolitiche

**SCOPO: verificare le proprietà di conducibilità di alcune soluzioni elettrolitiche**

INTRODUZIONE: In chimica, con il termine **elettrolita** si indicano genericamente le sostanze che in soluzione o allo stato fuso subiscono la dissociazione elettrolitica. Le sostanze che non si dissociano vengono dette *non elettroliti*. Il termine "elettrolita" si riferisce alla capacità di condurre la corrente elettrica grazie all'intervento di ioni, caratteristica peculiare di queste specie chimiche. Un elettrolita costituisce quindi quello che viene definito *conduttore ionico* o, alternativamente, *conduttore di seconda specie*. Gli elettroliti, quindi, sono capaci di condurre corrente elettrica, una volta sciolti in soluzione, proprio per la presenza di ioni positivi e negativi nella soluzione generata, derivati dalla dissociazione e ionizzazione dell'elettrolita. La conduzione non è legata, in questo caso, al libero scorrimento di elettroni entro una struttura cristallina bensì sono gli ioni a farsi carico di "trasportare" la corrente elettrica. Si definisce *anfotita* (o *anfotito*) un elettrolita con comportamento anfotero. Proprietà salienti degli elettroliti sono la conduttività ionica, le proprietà colligative e il Ph delle soluzioni a cui danno luogo. Una cella elettrochimica può contenere due diversi elettroliti collegati elettricamente da un ponte salino o da un setto poroso; in tal caso l'elettrolita a contatto con il catodo viene detto *catolita*, mentre l'elettrolita a contatto con l'anodo è detto *anolita*.

L'elettrolisi è la decomposizione di un sistema chimico per effetto del passaggio di una corrente elettrica continua attraverso di esso. Fra le applicazioni dell'elettrolisi si possono citare la decomposizione dell'acqua in idrogeno (H) e ossigeno (O), in questo modo una certa quantità di energia elettrica viene convertita in energia potenziale di natura chimica e immagazzinata nella struttura molecolare dei nuovi composti. L'acqua pura, però, conduce l'elettricità in maniera trascurabile, pertanto è necessario aggiungere al sistema un elettrolita solubile in acqua per chiudere il circuito. L'elettrolita si dissolve, dissociandosi in anioni e cationi che facilitano il passaggio della corrente elettronica. Il cloruro di sodio (NaCl), sale solubile in acqua, viene frequentemente impiegato proprio per aumentare la conduzione elettrica e l'efficienza dell'elettrolisi. Una volta applicata la differenza di potenziale, un elettrodo (il CATODO) si carica negativamente, perché verso di esso vengono spinti gli elettroni, mentre l'altro, dal quale vengono portati via elettroni, si carica positivamente, ed è l'ANODO. Per l'attrazione elettrostatica fra cariche opposte, i cationi, positivi, migrano verso il catodo, negativo, dove possono acquistare elettroni riducendosi, mentre gli anioni, negativi, migrano verso

l'anodo, positivo, al quale possono cedere elettroni ossidandosi. Anodo: si originano cloro, acido cloridrico e acido ipocloroso ("cloro libero" in acqua).



Catodo: si generano gas idrogeno e ioni idrossidi, che rendono la reazione molto alcalina.

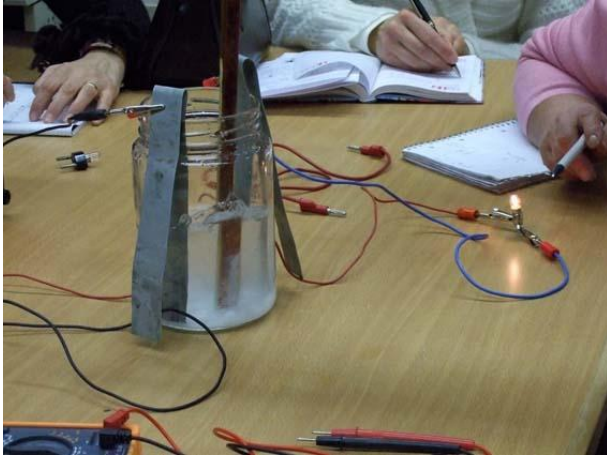


Si creano di conseguenza due tipi di soluzioni acquose: il catodo produce un'acqua elettrolizzata alcalina contenente idrossido di sodio, l'anodo produce un'acqua elettrolizzata acida (detta anche acqua ossidante elettrolitica) contenente acido ipocloroso diluito e cloro libero. Il **voltmetro di Hofmann** è un apparato per elettrolizzare l'acqua inventato da August Wilhelm von Hofmann (1818–1892). Consiste di 3 cilindri verticali uniti, solitamente in vetro. Il cilindro centrale è aperto in cima per permettere l'aggiunta di acqua e un composto ionico per migliorarne la conduttività, come piccole quantità di acido solforico. Un elettrodo in platino viene messo sul fondo di ognuno dei cilindri esterni, connesso con i terminali positivi e negativi di una sorgente elettrica. Quando viene fatta scorrere una corrente attraverso il voltmetro di Hofmann, si forma ossigeno gassoso all'anodo e idrogeno gassoso al catodo. Ogni gas lascia l'acqua e si raccoglie in cima ai due tubi esterni. La presenza di gas nel tubo di raccolta si può rilevare con un fiammifero o "scheggia di legno ardente"; l'ossigeno farà immediatamente erompere la fiamma del fiammifero facendola diventare di un bianco luminoso e bruciare vigorosamente, mentre la presenza di gas di idrogeno farà bruciare il fiammifero appena un poco più brillantemente.

#### APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE          | SENSIBILITA' | PORTATA  |
|-----------|------------------------|--------------|----------|
| 1         | Multimetro Amperometro | 0,1 A        | 5 A      |
| 1         | Beker 500 ml           |              |          |
| 2         | Elettrodi ferro        |              |          |
| 1         | Elettrodo di rame      |              |          |
| 1         | Generatore             |              |          |
| 2         | Morsetti a coccodrillo |              |          |
| 3         | Cavi di collegamento   |              |          |
|           | Acqua distillata       |              |          |
|           | Cloruro di sodio       |              |          |
| 1         | Cucchiaino di plastica |              |          |
| 1         | Oggetto di ferro       |              |          |
| 1         | Bilancia               | 0,02 g       | 600,00 g |

SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA: posizionare i due elettrodi nel beker e bloccarli alle pareti interne con i morsetti a coccodrillo; aggiungere acqua distillata fino a  $\frac{3}{4}$  e collegare i morsetti al generatore (4 V) utilizzando i cavi conduttori ed inserendo nel circuito un multimetro come amperometro. Azionare il generatore ed evidenziare il fenomeno. Successivamente inserire una certa quantità di cloruro di sodio (NaCl) ed agitare la soluzione col cucchiaino; osservare il risultato di questa nuova condizione del sistema.

*Elettrolisi-* Per l'elettrolisi dell'acqua si utilizzi il voltmetro di Hofmann: si prepari una soluzione di acqua distillata ed acido solforico ( $H_2SO_4$ ) al 5%; si colleghi direttamente il voltmetro al generatore utilizzando una d.d.p. di 10 V. quando nelle due burette che compongono il voltmetro si sarà accumulato un sufficiente volume di gas (20 ml di idrogeno e 10 ml di ossigeno) , si potrà procedere al loro riconoscimento. Avvicinando una fiammella alla parte superiore della buretta con volume doppio di gas (dove si ipotizza possa essere accumulato l'idrogeno) e si apre e chiude il rubinetto, si udiranno degli scoppiettii; se si avvicina la fiamma all'altra buretta si noterà un aumento della intensità luminosa dovuto alla presenza dell'ossigeno che la alimenta.

*Galvanoplastica-* si prepari una soluzione di solfato di rame e si versi nel beker; sistemare all'anodo un elettrodo dello stesso metallo del sale corrispondente (rame Cu) ed a quello opposto un oggetto di ferro che si vuole ricoprire (valutarne la massa iniziale). Collegare con i morsetti a coccodrillo i due elettrodi al generatore utilizzando una d.d.p. di 6-8 V ed attendere qualche minuto che il procedimento di espliciti per osservare il fenomeno risultante. Valutare la massa finale dell'oggetto usato.

DATI E TABELLE:

TAB.1

|  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |



## ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:

CONCLUSIONI: abbiamo osservato i fenomeni oggetto della nostra sperimentazione e considerato alcuni aspetti degli esiti che si sono verificati; nel valutare la eventuale conducibilità elettrica dell'acqua, ci siamo resi conto come questa non permettesse il trasferimento di elettroni evidenziato dal passaggio di corrente. Successivamente modificando la condizione di neutralità con l'aggiunta di un elettrolita (NaCl), si instaurava una migrazione di ioni che veniva prontamente rilevata dall'amperometro disposto in serie nel circuito. I risultati della prova sull'elettrolisi hanno fornito indicazioni in linea con la relativa letteratura scientifica; si sono sviluppati i previsti volumi di gas adeguati alla dissociazione elettrolitica effettuata. Nel caso del procedimento di galvanoplastica, si è osservato che l'oggetto di ferro usato come catodo, è stato ricoperto da uno strato di rame che ne ha modificato sia l'aspetto che la massa (valutata per differenza con la bilancia).

BIBLIOGRAFIA: Wikipedia: conducibilità elettrica- elettrolisi- galvanoplastica

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 60 Elettrostatica-Effetti magnetici delle correnti elettriche

**SCOPO: effettuare esperienze qualitative per evidenziare affetti magnetici dovuti alla proprietà di alcuni corpi ed effetti magnetici dovuti alle correnti elettriche**

INTRODUZIONE: Il **magnetismo** è quel fenomeno fisico, per cui alcuni materiali sono in grado di attrarre il ferro nonché trasmettere tale capacità ad altri materiali. Per estensione semantica, il **magnetismo** è anche la branca della fisica concernente il suddetto fenomeno. In particolare per fenomeni stazionari, ovvero non variabili nel tempo, si parla più specificatamente di magnetostatica (che presenta alcune analogie formali con l'elettrostatica allorché si sostituiscono alle distribuzioni di carica elettrica le densità di corrente elettrica). Per fenomeni dipendenti dal tempo invece i campi elettrici e magnetici si influenzano a vicenda ed è necessario ricorrere ad una descrizione unificata dei due campi ottenuta nel 1864 dallo scienziato britannico James Clerk Maxwell all'interno della teoria dell'elettromagnetismo classico ovvero l'elettrodinamica classica. Nel magnetismo si individuano due sorgenti di campo di natura opposta che vengono convenzionalmente definiti poli. Usando come magneti di riferimento la Terra si parlerà allora di polo nord e sud, in particolare il polo nord geografico corrisponde grossomodo al polo sud magnetico e viceversa. Una proprietà interessante dei magneti naturali è che essi presentano sempre sia un polo nord che un polo sud. Se si divide in due parti un magnete, tentando di "separarne" i due poli, si ottengono due magneti del tutto simili (ciascuno con una coppia di poli opposti). Poiché il processo può concettualmente proseguire all'infinito è ipotizzabile che il magnetismo naturale abbia origine nelle proprietà atomiche della materia. Considerando infatti ogni elettrone orbitale come una microscopica spira percorsa da corrente e tenendo anche conto del momento di spin si può intuire che collettivamente questi possano contribuire, in un mezzo materiale, a presentare un campo magnetico macroscopicamente osservabile. In realtà occorre tenere conto del fatto che i moti di agitazione termica tendono, in generale, a disporre casualmente tutti questi microscopici dipoli magnetici, così che normalmente l'effetto magnetico complessivo è nullo. Solo in taluni minerali, i magneti naturali, le microstrutture magnetiche si *autodispongono* secondo direzioni comuni formando su scala macroscopica le cosiddette regioni o domini di Weiss.

APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE            | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|--------------------------|--------------|---------|
| 1         | Ago magnetico su stativo |              |         |
| 5         | Bussola                  |              |         |

|   |   |  |  |
|---|---|--|--|
| 2 | Sbarretta magnetizzata                  |  |  |
| 1 | Sbarretta magnetizzata divisibile       |  |  |
| 1 | Cartoncino                              |  |  |
| 1 | Flacone di limatura di ferro            |  |  |
| 2 | Stativo con boccole per filo conduttore |  |  |
| 2 | Cavi di collegamento                    |  |  |
| 1 | Generatore                              |  |  |
| 1 | Filo conduttore                         |  |  |
| 1 | Struttura con filo verticale e piano    |  |  |
| 1 | Basetta con una spira                   |  |  |
| 1 | Basetta con solenoide                   |  |  |

SCHEMA DELL'APPARATO USATO:

fig.1



fig.2

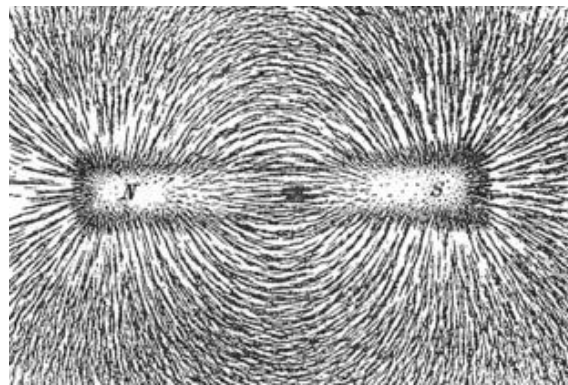


fig.3

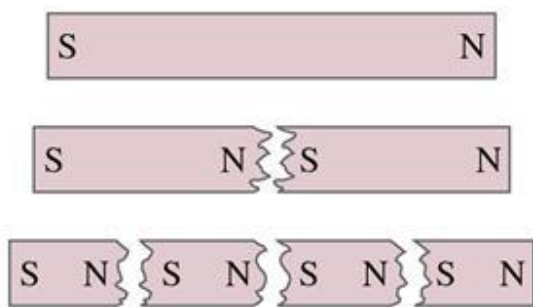


fig.4

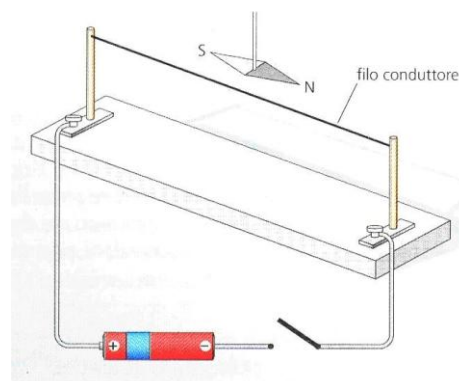


fig.5

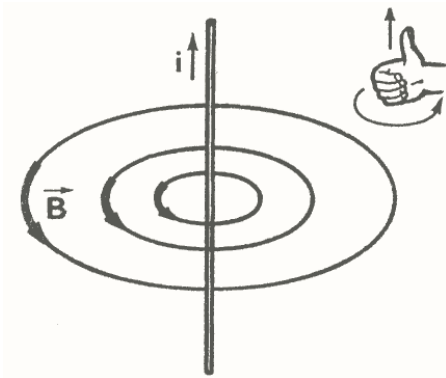


fig.6

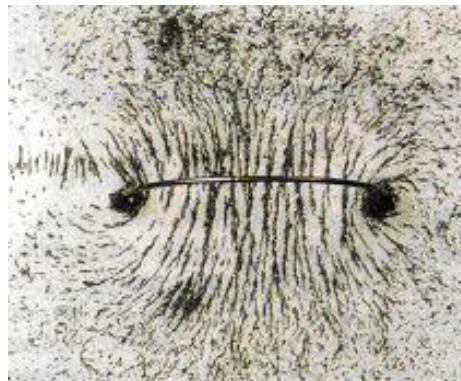
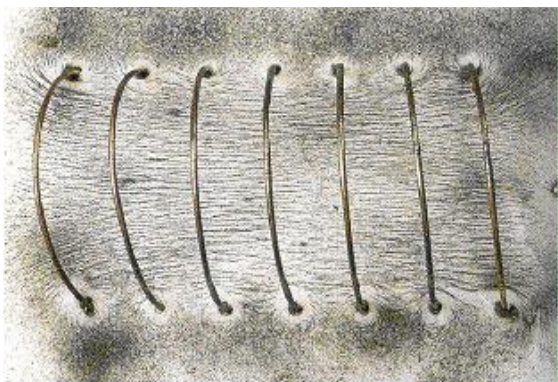


fig.7



**ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA:** si disponga un ago magnetico sullo stativo, libero di muoversi (fig.1); questo si disporrà secondo la direzione Nord-Sud (direzione del campo magnetico terrestre). Per modificare questo orientamento sarà necessario avvicinare un magnete. Posizionare più aghi magnetici (bussole) in modo da costituire una linea o in maniera casuale: tutti indicheranno il Nord geografico indipendentemente dalla posizione occupata sul piano di lavoro. Disporre successivamente una sbarretta magnetizzata sul banco ed avvicinarne un'altra con il segno opposto: le due sbarrette si attireranno evidenziando una attrazione reciproca. Provare ad avvicinare la sbarretta con il segno omologo ed osservare il fenomeno risultante. Sistemare poi il magnete sotto un cartoncino cosparso di limatura di ferro ed evidenziare le linee di campo magnetico ottenute (fig.2). Posizionare sotto il cartoncino altri magneti di forma e polarità diverse ed osservare i diversi orientamenti delle linee di forza ottenute attraverso disposizione della limatura di ferro. Si usi ora una sbarretta magnetica che si possa spezzare in due o più parti per dimostrare che i dipoli magnetici non si possono separare e che le varie parti di ogni sbarretta mantengono polarità opposte (fig.3).

**Esperienza di Oersted:** si disponga un filo conduttore tra i due supporti e si colleghino, attraverso i cavi, al generatore di corrente (fig.4). Si ponga sotto questo un aghetto magnetico e si orienti il sistema secondo il posizionamento naturale delle

linee di campo terrestre. Successivamente si faccia passare corrente nel circuito: si noterà che l'ago magnetico assume una posizione diversa rispetto a quella iniziale con direzione che dipende dal verso della corrente stessa, la quale interagisce con il campo magnetico terrestre.

Per mostrare cosa avviene nello spazio quando un filo conduttore è attraversato da corrente, si utilizzi un filo conduttore disposto verticalmente che attraversa il piano di un cartoncino sul quale si cosparge della limatura di ferro (fig. 5). Se inviamo nel filo una corrente abbastanza intensa, vedremo la limatura di ferro disporsi per linee concentriche e se disponiamo un aghetto magnetico in prossimità di queste, lo vedremo orientarsi tangenzialmente a tali linee con direzione che varia a seconda del verso della corrente. Usare la regola della mano destra per determinare il verso che dovrebbe assumere l'ago magnetico a seguito del passaggio della corrente.

*Campo magnetico prodotto da una spira circolare.* Si fa passare corrente elettrica in una spira circolare disposta su basetta e si cosparge la superficie della basetta con limatura di ferro; la limatura si disporrà per linee concentriche attorno ai due fori corrispondenti all'entrata ed all'uscita della spira (fig. 6). Se disponiamo al centro della spira un aghetto magnetico, vedremo che si orienterà normalmente al piano della stessa con verso che dipenderà dal verso della corrente.

*Campo magnetico prodotto da un solenoide.* Utilizzare la basetta con solenoide e procedere come in precedenza (fig. 7). Osservare il fenomeno di orientamento delle linee di forza al passaggio di corrente, sia in ogni singola spira che agli estremi del solenoide, sia all'interno dello stesso.

DATI E TABELLE:

TAB.1

|  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:

**CONCLUSIONI:** Il passaggio di una corrente produce sempre un effetto magnetico (magnetismo), che manifesta il profondo legame fra fenomeni elettrici e magnetici. Lo si osserva, per esempio, quando l'ago di una bussola, posta vicino a un conduttore percorso da corrente, subisce una deviazione: ciò vuol dire che il conduttore si può comportare come un magnete. Si deve notare che la forza che agisce sull'ago della bussola, facendolo ruotare, compie evidentemente lavoro meccanico. Questa forza magnetica è infatti la stessa che fa funzionare i motori di

un locomotore elettrico, come di qualsiasi altro motore elettrico. È l'*effetto meccanico* della corrente che comporta la trasformazione di energia elettrica in energia meccanica e che riveste grande utilità pratica.

BIBLIOGRAFIA: Wikipedia: magnetismo-Treccani.it: elettricità

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 61 Elettrostatica- Correnti indotte

**SCOPO: introdurre il concetto di corrente indotta attraverso esperienze di Laboratorio**

INTRODUZIONE: In fisica, in particolare in elettromagnetismo, la **legge di Faraday**, anche conosciuta come **legge dell'induzione elettromagnetica**, **legge di Faraday-Neumann** o **legge di Faraday-Henry**, è una legge fisica che descrive il fenomeno dell'induzione elettromagnetica, che si verifica quando il flusso del campo magnetico attraverso la superficie delimitata da un circuito elettrico è variabile nel tempo. La legge impone che nel circuito si generi una forza elettromotrice indotta pari all'opposto della variazione temporale del flusso. Talvolta è detta anche **legge di Faraday-Neumann-Lenz**, per il fatto che la *legge di Lenz* è un suo corollario. Il fenomeno dell'Induzione elettromagnetica è stato scoperto e codificato in legge nel 1831 dal fisico inglese Michael Faraday ed è attualmente alla base del funzionamento dei comuni motori elettrici, alternatori, generatori elettrici e trasformatori. Assieme alla legge di Ampère-Maxwell, a essa potenzialmente simmetrica, correla i fenomeni elettrici con quelli magnetici nel caso non stazionario: entrambe sono il punto di forza del passaggio dalle equazioni di Maxwell al campo elettromagnetico.

APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE        | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|----------------------|--------------|---------|
| 1         | Bobina 1000 spire    |              |         |
| 1         | Magnete              |              |         |
| 2         | Cavi di collegamento |              |         |
| 1         | Amperometro          | 0,001 A      | 10 A    |
|           |                      |              |         |

SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA: si posizioni la bobina 1000 spire sul piano di lavoro e si orienti in modo che le boccole di accesso per i cavi siano nella parte superiore. Si utilizzino i due cavi per collegare la bobina allo strumento universale e si inserisca il magnete, prima con velocità moderata, poi rapidamente, prima con una polarità poi con quella opposta. Si evidenzia un passaggio di corrente indotta corrispondente alla variazione di flusso determinata dal movimento della sbarretta magnetica all'interno del solenoide.

DATI E TABELLE:

TAB.1

|  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:

CONCLUSIONI: avvicinando una calamita ad una bobina collegata ad un milliamperometro, si produce una corrente che attraversa la bobina, detta **corrente indotta**, nell'intervallo di tempo in cui il magnete è in movimento e si interrompe quando la calamita è ferma. Se la calamita è allontanata dalla bobina il verso della corrente indotta è l'opposto. Possiamo notare agli effetti del verso della corrente indotta, che l'avvicinamento del polo Nord della calamita alla bobina equivale all'allontanamento del polo Sud e, viceversa, il verso della corrente indotta nella bobina quando si allontana il polo Nord coincide con quello della corrente che si produce quando si avvicina il polo Sud. Inoltre i risultati dell'interazione magnete-bobina, sono sempre gli stessi, sia che il solenoide resti fisso rispetto ad un sistema di riferimento e il magnete si muova, sia invece che il magnete rimanga fisso e il solenoide sia in moto. Per la produzione della corrente indotta è necessario solo che ci sia un moto relativo del magnete rispetto al solenoide o viceversa.

BIBLIOGRAFIA: Wikipedia: induzione – Scuola Interuniv. Campana: magnetismo



# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 62 Elettrostatica- Produzione dell'energia elettrica-Dinamo

**SCOPO: generare energia elettrica attraverso l'utilizzo della dinamo e verificare la possibilità di reversibilità**

INTRODUZIONE: Una **dinamo** è una macchina rotante per la trasformazione di lavoro meccanico in energia elettrica, sotto forma di corrente continua (*DC*, per gli inglesi, *direct current*) assumendo così la funzione di trasduttore. Nella sua forma più semplice consiste di una spira conduttrice (rotore) immersa in un campo magnetico (generato ad esempio da una coppia di magneti permanenti, i quali formano lo statore) e messa in rotazione da un albero. Per la legge di Faraday per l'induzione un conduttore che si muove in un campo magnetico (purché non parallelamente ad esso) vede nascere una forza elettromotrice indotta ( $f_{EM}$ ); chiudendo quindi la spira su un carico elettrico (ad esempio una lampadina, o un accumulatore) si può misurare una corrente scorrere nella spira stessa e nel carico (la lampadina si accende). Se ci fermassimo qui, però, la dinamo non funzionerebbe. Fin qui la corrente è tutt'altro che continua, infatti la differenza di potenziale nella singola spira varia con legge sinusoidale con l'angolo di rotazione e quindi cambia segno ogni mezzo giro (producendo corrente alternata). È quindi necessario connettere i capi della spira ad un oggetto chiamato "collettore" o "commutatore", calettato sul rotore e solidale ad esso, che, attraverso un contatto strisciante con spazzole (dette carboncini), scambia i capi della spira ogni mezzo giro mantenendo la tensione in uscita sempre dello stesso segno. Per motivi di corretto funzionamento ed efficienza energetica le realizzazioni reali sono leggermente più complesse, prevedendo diverse spire avvolte sul rotore lungo i  $360^\circ$  ognuna delle quali deve commutare i propri capi ogni mezzo giro. Inoltre, per potenze superiori a pochi watt, anche lo statore (quello che genera il campo magnetico) è "avvolto", cioè il campo magnetico è prodotto da spire avvolte sui poli statorici, all'interno delle quali scorre la corrente di induzione o di eccitazione

### APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE        | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|----------------------|--------------|---------|
| 1         | Ponte di sostegno    |              |         |
| 1         | Magnete              |              |         |
| 1         | Nucleo di ferro ad U |              |         |
| 1         | Bobine rotanti       |              |         |
| 2         | Cavi di collegamento |              |         |
| 1         | Amperometro          | 0,001 A      | 10 A    |

|   |                        |  |  |
|---|------------------------|--|--|
| 1 | Generatore di corrente |  |  |
|---|------------------------|--|--|

SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA: fissare il sistema puleggia-cinghia al montante del ponte a mezzo vite di serraggio. Avvicinare la bassetta con nucleo ad "U" e bobine rotanti alla puleggia in modo che la cinghia opportunamente disposta sul perno delle bobine rotanti, sia sufficientemente tesa da garantire l'adeguata trasmissione del moto. Sistemare il magnete sul fianco del nucleo metallico ad "U", inserire i cavi nelle boccole della bassetta e collegarli allo strumento rivelatore di corrente. Azionare la manovella e mettere in movimento le bobine rotanti: verificare l'andamento dell'indice dello strumento. Successivamente togliere la cinghia di trasmissione e collegare il sistema di bobine ad un generatore di corrente (d.d.p. 10V). Azionare il generatore e imprimere manualmente una spinta alle bobine in modo da sollecitarne il movimento; dopo l'impulso iniziale queste inizieranno a muoversi generando energia meccanica.

DATI E TABELLE:

TAB.1

|  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:

CONCLUSIONI: La dinamo è una macchina rotante, a induzione, utilizzata per convertire energia meccanica in energia elettrica a corrente continua. È anche reversibile, può cioè produrre energia meccanica se viene alimentata con corrente continua (in tal caso funziona come motore a corrente continua). In questa

esperienza abbiamo osservato la generazione di corrente continua azionando il sistema di rotazione delle bobine immerse in un campo magnetico e successivamente abbiamo verificato la possibilità di reversibilità del fenomeno utilizzando un generatore di corrente.

BIBLIOGRAFIA: Wikipedia: induzione – Treccani.it: dinamo

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 63 Elettrostatica- Alternatore-Corrente alternata

**SCOPO: generare corrente alternata attraverso lo sfruttamento di f.e.m. indotte alternate**

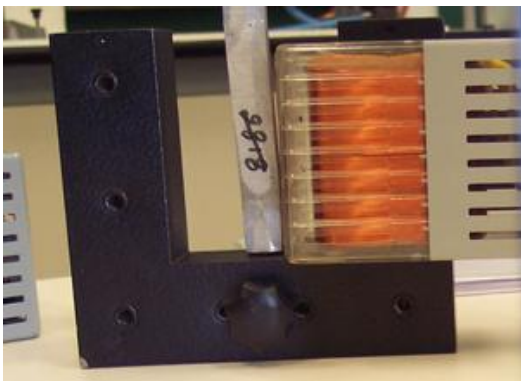
INTRODUZIONE: L'**alternatore** è una macchina elettrica rotante basata sul fenomeno dell'induzione elettromagnetica, che trasforma energia meccanica in energia elettrica sotto forma di corrente alternata assumendo la funzione di trasduttore. La macchina è costituita da una parte cava fissa, chiamata statore, al cui interno ruota una parte cilindrica calettata sull'albero di rotazione, detta rotore. Sullo statore sono presenti gli avvolgimenti elettrici su cui vengono indotte le forze elettromotrici che sosterranno la corrente elettrica prodotta. Il rotore genera il campo magnetico rotante per mezzo di elettromagneti, che sono in numero pari al numero delle fasi moltiplicato per il numero di coppie polari: in caso di alternatore trifase a due poli (una coppia polare) si hanno tre elettromagneti, in caso di alternatore trifase a quattro poli (due coppie polari) si hanno sei elettromagneti, i quali sono a loro volta opportunamente alimentati. In alternativa vengono utilizzati dei magneti permanenti che non necessitano di alimentazione: in quest'ultimo caso si ha solo una coppia polare (Nord e Sud) per ogni coppia di poli statorici. Unica eccezione si ha negli alternatori trifase o bifase motociclistici, dove gli alternatori non sono dei veri alternatori trifase o bifase, ma sono tre o due alternatori monofase disposti equidistanti e soggetti a tre o due coppie polari per rotazione, quindi si hanno tre o due onde sinusoidali non sfasate. Inoltre, soprattutto nel caso in cui essi siano monofase, questi possono avere un numero di coppie polari superiore (multipli di due, tre, ecc.) rispetto al numero delle fasi. La tipologia costruttiva varia notevolmente a seconda del tipo di macchina a cui sono accoppiati. Nel caso di alternatori siti in centrali idroelettriche, dove la turbina idraulica ruota a frequenze non troppo elevate, dell'ordine di poche centinaia di giri al minuto, l'avvolgimento rotorico sporge rispetto all'albero (si parla di macchina ad N "poli salienti). La velocità dipende dalle caratteristiche della turbina idraulica ed è inversamente proporzionale al numero dei poli. Alternatori accoppiati a turbomacchine (turbine a gas o a vapore) hanno anche l'avvolgimento rotorico alloggiato in cave, ruotano a frequenze maggiori, comparabili con la frequenza di rete, e si distinguono ulteriormente per tipologia di raffreddamento, ad aria, acqua e ad idrogeno. Il rendimento di questi alternatori è molto alto, intorno al 0,97 (97%) per scendere fino al 0,85 (85%).

APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE        | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|----------------------|--------------|---------|
| 1         | Ponte di sostegno    |              |         |
| 1         | Puleggia con cinghia |              |         |

|   |                        |         |      |
|---|------------------------|---------|------|
| 1 | Magnete rotante ad "U" |         |      |
| 1 | Nucleo di ferro ad "U" |         |      |
| 1 | Bobina 1000 spire      |         |      |
| 2 | Cavi di collegamento   |         |      |
| 1 | Amperometro            | 0,001 A | 10 A |
|   |                        |         |      |

SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA: bloccare il sistema puleggia-cinghia al montante verticale del ponte a mezzo vite di serraggio e fissare il magnete rotante sempre sullo stesso montante a distanza tale che la trasmissione del moto circolare della puleggia al magnete, avvenga con cinghia in tensione. Posizionare sotto questo la bobina 1000 spire inserita nel nucleo di ferro ad "U" e collegarla all'amperometro tramite i due cavi a disposizione. Mettere in funzione la manovella e fare ruotare il magnete sopra la bobina: si genera così una f.e.m. alternata indotta evidenziata dallo strumento di misura.

DATI E TABELLE:

TAB.1

|  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:

CONCLUSIONI: abbiamo osservato il fenomeno della produzione di energia elettrica alternata azionando meccanicamente e manualmente il movimento del magnete il quale si presentava, sul nucleo di ferro e relativa bobina 1000 spire, con polarità opposte ed alternate.

BIBLIOGRAFIA: Wikipedia: alternatore

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 64 Elettrostatica- *Trasformatore*

**SCOPO: osservare come possa variare la tensione e la corrente in un sistema composto da un circuito primario con un certo numero di spire e quello secondario con numero di spire diverso**

INTRODUZIONE: Il **trasformatore** è una macchina elettrica statica (perché non contiene parti in movimento) e reversibile, che serve per variare (trasformare) i parametri in ingresso (tensione e intensità di corrente) rispetto a quelli in uscita, mantenendo costante la potenza elettrica apparente. Il trasformatore trasferisce energia elettrica da un circuito elettrico a un altro tramite dei conduttori accoppiati induttivamente: gli avvolgimenti del trasformatore. Una corrente elettrica variabile nell'avvolgimento primario genera un flusso magnetico variabile nel nucleo del trasformatore e di conseguenza un campo magnetico variabile attraverso l'avvolgimento secondario (legge di Faraday e legge di Lenz). Questo campo magnetico variabile induce una forza elettromotrice, o tensione, nell'avvolgimento secondario. Questo effetto è chiamato mutua induzione. Il trasformatore è una macchina in grado di operare essenzialmente in corrente alternata, perché in genere sfrutta i principi dell'elettromagnetismo legati ai flussi variabili. Il rendimento di un trasformatore è molto alto e le perdite sono molto basse (nel ferro, per effetto dell'isteresi e delle correnti parassite, e nel rame, per effetto Joule). Vi è da aggiungere che nel caso di circuiti interamente superconduttori un trasformatore può operare senza limitazione di frequenza inferiore. Se un carico elettrico è collegato all'avvolgimento secondario, una corrente elettrica vi scorre e l'energia, tramite il trasformatore, viene trasferita dal circuito primario al carico. In un trasformatore ideale, la tensione indotta nell'avvolgimento secondario è in proporzione alla tensione primaria ( $V_P$ ), ed è data dal rapporto fra il numero delle spire dell'avvolgimento secondario ( $N_S$ ) e il numero di spire dell'avvolgimento primario ( $N_P$ ) come segue:

$$\frac{V_S}{V_P} = \frac{N_S}{N_P}$$

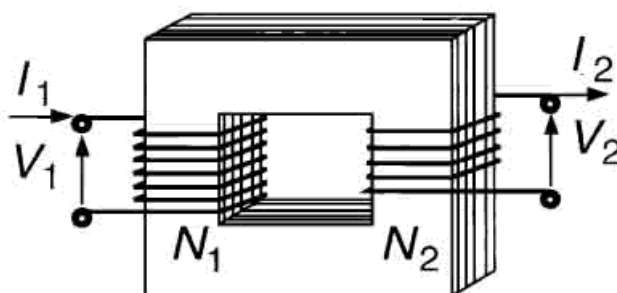
Con un'appropriata scelta del rapporto delle spire, il trasformatore consente quindi che una tensione a corrente alternata sia aumentata facendo  $N_S$  maggiore di  $N_P$ , oppure diminuita facendo  $N_S$  minore di  $N_P$ .

Nella grande maggioranza dei trasformatori, gli avvolgimenti si trovano attorno a un nucleo ferromagnetico, essendo i trasformatori in aria delle eccezioni.

## APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE                           | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|---|--------------|---------|
| 1         | Nucleo di ferro ad "U"                  |              |         |
| 1         | Elemento di ferro per chiusura circuito |              |         |
| 1         | Bobina 1000 spire                       |              |         |
| 1         | Bobina 300 spire                        |              |         |
| 2         | Cavi di collegamento                    |              |         |
| 1         | Voltmetro                               | 0,1 V        | 20 V    |
| 1         | Generatore                              |              |         |

## SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA: disporre sul nucleo ad "U" le due bobine e chiudere il sistema con l'apposito elemento di ferro. Connettere il circuito primario (1000 spire) col generatore (d.d.p. 10 V) a mezzo cavi di collegamento ed il circuito secondario (300 spire) ad un multimetro usato per misurazioni di d.d.p. Attivare il generatore e verificare il valore rilevato dallo strumento universale correlato all'avvolgimento secondario. Variare la d.d.p. del generatore e verificare quali valori vengano monitorati dal Voltmetro.

## DATI E TABELLE:

TAB.1 dati relativi ad alcuni rilevamenti effettuati

| V1 (V) | V2 (V) | N1 (spire) | N2 (spire) | V1/v2 | N1/N2 |  |
|--------|--------|------------|------------|-------|-------|--|
| 9,8    | 3,1    | 1000       | 300        | 3,16  | 3,33  |  |
| 5,0    | 1,5    | 1000       | 300        | 3,33  | 3,33  |  |
|        |        |            |            |       |       |  |



## ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:

$$\frac{V1}{V2} = \frac{9,8}{3,1} = 3,16$$

$$\frac{N1}{N2} = \frac{1000}{300} = \mathbf{3,33}$$

$$\frac{V1}{V2} = \frac{5,0}{1,5} = 3,33$$

**CONCLUSIONI:** abbiamo osservato che applicando una d.d.p. all'avvolgimento primario (1000 spire) e utilizzando le proprietà del trasformatore, abbiamo ottenuto una sensibile riduzione della d.d.p. rilevata dallo strumento collegato al secondario. Il rapporto  $N1/N2$  è detto rapporto spire: variando opportunamente questo rapporto si possono ottenere le tensioni desiderate nel secondario. Quando  $N1 < N2$  il trasformatore è detto elevatore di tensione e produce correnti in uscita con tensioni maggiori; quando  $N1 > N2$  il trasformatore è detto abbassatore (o riduttore) e produce correnti in uscita con tensioni minori.

**BIBLIOGRAFIA:** Wikipedia: trasformatore; Sapere.it: trasformatore

# LABORATORIO DI FISICA

Laboratorio di Fisica del Liceo Scientifico "A. Einstein" di Rimini

## 65 Elettrostatica- Effetto termoelettrico-Diodo

**SCOPO: verificare le caratteristiche del diodo a vuoto**

INTRODUZIONE: La **termoelettricità** (termine composto dal greco  $\theta\epsilon\rho\mu\acute{o}\varsigma$ , "calore", e da "elettricità") è quella branca della fisica che riunisce e studia i diversi fenomeni di conversione del calore in elettricità e viceversa che si verificano in tutti i materiali, collegando il flusso di calore che vi transita alla corrente elettrica che li percorre. Se è vero che un po' tutti i materiali mostrano qualche proprietà termoelettrica, tuttavia nella maggior parte dei casi si tratta di fenomeni talmente insignificanti da risultare del tutto inutili e assolutamente trascurabili. Sono invece pochi e ben determinati i cosiddetti "materiali termoelettrici", quelli cioè che presentano effetti termoelettrici rilevanti e che per questo (oltre ad altre caratteristiche, come ad esempio il basso costo) possono essere utilizzati concretamente per sfruttare i principi della termoelettricità. Il **diodo** è un componente elettronico detto impropriamente attivo (perché si distingue dai componenti passivi per il fatto che presenta una resistenza bassa per i segnali di una certa polarità, mentre una resistenza alta per i segnali di polarità opposta, senza aumentare la potenza) non-lineare a due terminali (bipolo), la cui funzione ideale è quella di permettere il flusso di corrente elettrica in un verso e di bloccarla totalmente nell'altro. In molte applicazioni di interesse, la caratteristica tensione-corrente di un **diodo ideale**, ottenuta in condizioni statiche, può essere approssimata con una funzione lineare a tratti. In tale approssimazione la corrente si può considerare nulla se la tensione tra anodo e catodo è minore o uguale ad un preciso valore di tensione  $V_{on}$  (tensione di soglia o di ginocchio), se invece la tensione è maggiore il diodo può essere approssimato ad un generatore di tensione di valore  $V_{on}$  la cui corrente è imposta dal circuito a cui esso è sottoposto. Il valore di  $V_{on}$  è un valore di tensione tale per cui la corrente reale è maggiore di una ben precisa corrente utile per l'analisi del circuito, in generale è abitudine utilizzare il valore convenzionale di 0.6V. Quando la differenza di potenziale ai capi del *diodo ideale* è maggiore di 0 (cioè quando la corrente elettrica fluisce nel verso convenzionalmente positivo, dall'anodo al catodo), il diodo viene detto in condizione di **polarizzazione diretta**, mentre quando la differenza di potenziale è negativa, questo è detto essere **polarizzato inversamente**. Queste definizioni sono utilizzate anche per identificare le regioni di funzionamento del diodo reale.

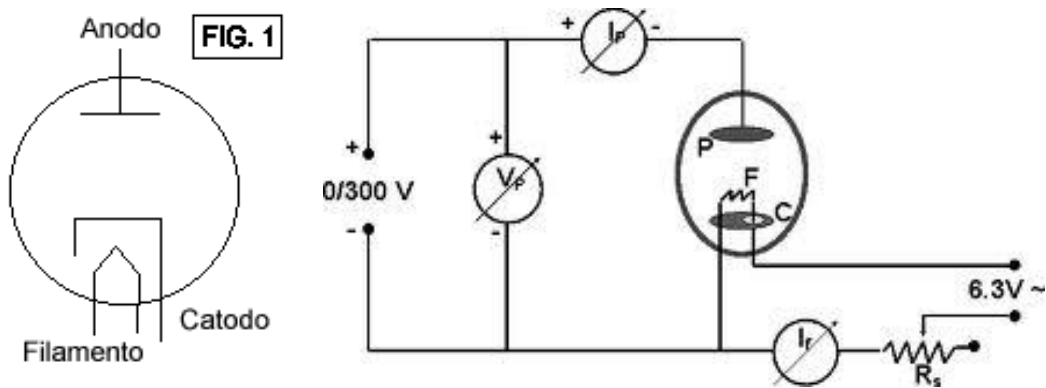
Il tubo termoionico è costruttivamente simile alla comunissima lampadina del tipo a incandescenza, infatti non è altro che un involucro di vetro (in alcuni modelli è di metallo o di ceramica) nel quale è praticato il vuoto contenente un filamento

metallico portato all'incandescenza (tra i 1.000 e i 3.000 °C) facendolo attraversare da una corrente elettrica. A differenza della lampadina contiene uno o più elementi metallici (a forma di griglia o di schermi), collegabili dall'esterno. Il filamento metallico, o meglio un tubicino metallico che lo avvolge, nel caso di riscaldamento indiretto, è chiamato catodo, l'elemento metallico più esterno è chiamato anodo. Eventuali elementi intermedi sono chiamati griglie. Il principio di funzionamento del tubo termoionico è quello dell'emissione termoionica: ogni metallo, soprattutto ad alte temperature, emette elettroni, cariche elettriche elementari di segno negativo. Se il catodo è polarizzato negativamente rispetto all'anodo, ovvero se il catodo è collegato al polo negativo di una batteria e l'anodo a quello positivo, si stabilirà un flusso di elettroni, ossia una corrente elettrica, tra catodo e anodo (perché gli elettroni vengono attratti dall'anodo). Se la polarizzazione è opposta, nessuna corrente elettrica passerà tra catodo e anodo, perché l'anodo respingerà gli elettroni. Il risultato è quello di un dispositivo in grado di far passare la corrente in un solo senso, detto diodo usato principalmente come rivelatore o come rettificatore. Nei primi tipi di valvola, il catodo era a *riscaldamento diretto*, ossia il catodo era costituito dal filamento stesso. Il sistema venne abbandonato, visti i problemi legati alla necessità di far lavorare i catodi a tensioni diverse (vedi valvole multiple, doppi triodi, triodi-pentodi). Il compito di scaldare il catodo è oggi affidato a un filamento simile a quello delle lampadine a bassa tensione, inserito all'interno di un tubetto in lega di nichel rivestito di elementi che favoriscono l'emissione elettronica (ossidi di bario, stronzio, torio etc. etc...), che costituisce il catodo. Questa soluzione, detta a *riscaldamento indiretto*, consente inoltre di alimentare i filamenti di differenti valvole di un'apparecchiatura con una fonte comune, solitamente un avvolgimento secondario apposito di un trasformatore. Il collegamento tra i filamenti può essere *in serie* o *in parallelo*. Se tra catodo e anodo viene posta una griglia metallica, è intuitivo che se questa è polarizzata positivamente rispetto al catodo, ma meno dell'anodo, gli elettroni emessi dal catodo vi saranno attratti e quindi passeranno attraverso le maglie della griglia per raggiungere l'anodo. Contrariamente, se la griglia è polarizzata negativamente, questa respingerà gli elettroni provenienti dal catodo. Pertanto applicando una tensione variabile tra catodo e griglia, si otterrà un passaggio di corrente tra catodo e anodo che seguirà, amplificandolo, l'andamento del segnale applicato alla griglia. L'effetto risultante è quello di un'amplificazione di tensione e un tubo termoionico siffatto si dice *triode*. Dopo il triodo, con l'aggiunta di altre griglie, sono stati costruiti gli amplificatori di corrente: tetrodo, pentodo, eptodo (quest'ultimo usato di solito come convertitore di frequenza), così chiamati dal numero degli elettrodi di controllo). Essi sono stati i primi dispositivi elettronici fondamentali per l'amplificazione dei segnali elettrici, dagli albori dell'elettronica, compiendo quelle funzioni oggi quasi interamente realizzate dai transistori, comunque in alcuni settori dell' HI-FI e dell'elettronica di potenza specie in alta frequenza, impieghi Radar, sono ancora di largo impiego.

APPARATO SPERIMENTALE:

| QUANTITA' | DENOMINAZIONE        | SENSIBILITA' | PORTATA |
|-----------|----------------------|--------------|---------|
| 1         | Generatore 0-400V cc |              |         |
| 1         | Generatore 6V cc     |              |         |
| 1         | Amperometro          |              |         |
| 1         | Voltmetro            |              |         |
| 3         | Cavi di collegamento |              |         |
| 1         | Diodo a vuoto        |              |         |
|           |                      |              |         |

SCHEMA DELL'APPARATO USATO:



ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA: Strutturare il circuito inserendo uno strumento universale in parallelo per il rilevamento della d.d.p. ed uno in serie per rilevare l'intensità di corrente. Dopo avere alimentato il filamento con la tensione di 6V cc, si dia un potenziale alla placca aumentando il valore di 25 V alla volta e si legga l'aumento corrispondente di intensità; si noterà che la corrente aumenta all'aumentare della tensione applicata alla placca (anodo), successivamente pur aumentando la tensione non si noterà un adeguato aumento della corrente anodica (saturazione). Si riportino su diagramma i valori delle due grandezze descritte per ottenere la curva caratteristica del diodo usato.

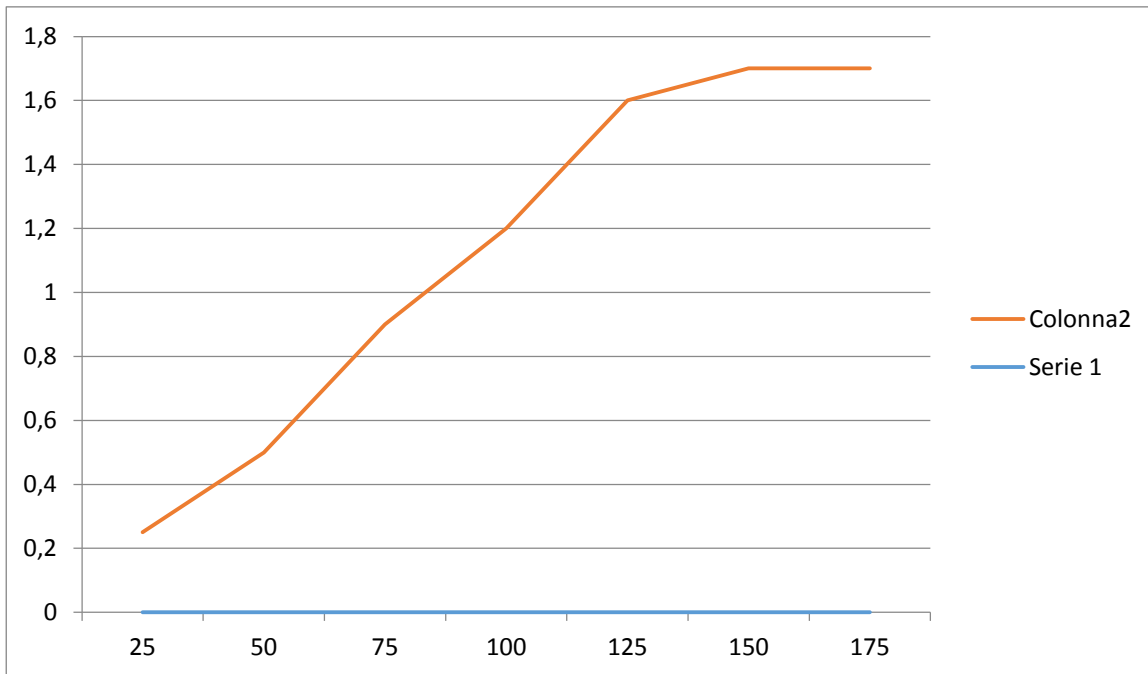
DATI E TABELLE:

TAB.1 dati relativi ad alcuni rilevamenti effettuati

| d.d.p. ( $\pm 0,1V$ ) | I ( $\pm 0,01A$ ) |  |  |  |  |  |
|-----------------------|-------------------|--|--|--|--|--|
| 25,0                  | 0,25              |  |  |  |  |  |
| 50,0                  | 0,50              |  |  |  |  |  |
| 75,0                  | 0,90              |  |  |  |  |  |
| 100,0                 | 1,20              |  |  |  |  |  |
| 125,0                 | 1,60              |  |  |  |  |  |

|       |      |  |  |  |  |  |
|-------|------|--|--|--|--|--|
| 150,0 | 1,70 |  |  |  |  |  |
| 175,0 | 1,70 |  |  |  |  |  |

### ELABORAZIONE DATI-GRAFICI:



**CONCLUSIONI:** abbiamo ottenuto dei valori sperimentali che hanno indicato la caratteristica tipica del diodo a vuoto e la sua relativa curva grafica.

**BIBLIOGRAFIA:** Wikipedia: diodo